

ตำแหน่ง (position)

เลื่อนหัวตรวจจาก 4CV ไปทางด้านศีรษะทารก เส้นเลือดใหญ่อันแรกที่จะเห็น คือ aorta และ pulmonary artery ตามลำดับ โดย pulmonary trunk จะทอดข้าม aorta จะเห็นว่า pulmonary valve จะอยู่สูงไปทางด้านซ้ายของ aortic valve แต่เมื่อ aorta โค้งขึ้นเป็น aortic arch จะอยู่สูงกว่า ductal arch ที่แยกมาจาก pulmonary trunk

โครงสร้าง (structure)

Aorta จะแตกแขนงแรกเป็น coronary artery ซึ่งส่วนใหญ่มีขนาดเล็กมากทำให้ไม่ค่อยเห็นถ้าไม่ได้ตั้งใจจะหาจริง ๆ แต่แขนงแรกที่จะเห็นได้โดยง่าย คือ neck vessels ที่แยกขึ้นไปเลี้ยงส่วนคอ โดยจะเห็น view ที่กำลังโค้งขึ้นเป็น arch แต่จะไม่เห็นใน transverse view ต่างจาก pulmonary artery ที่แตกแขนงเป็น right และ left pulmonary artery เพื่อเข้าไปยังปอดสองข้าง สามารถเห็นได้ใน transverse view นี้ และ arterial duct หรือ ductal arch จะยื่นต่อเนื่องไปจาก pulmonary artery เพื่อเปิดเข้า descending aorta ซึ่งใน transverse view นี้ ส่วนใหญ่จะเห็นแต่ arterial duct และ right pulmonary artery แต่ left pulmonary artery จะไม่ค่อยเห็น ยกเว้นใส่ color flow mapping

เมื่อเส้นเลือด aorta และ arterial duct มารวมกัน และเข้าสู่ descending aorta จะเห็นเป็น V shape ของเส้นเลือด โดยมุมล่างของตัว V คือ descending aorta ที่บริเวณด้าน posterior ของทรวงอก ขายาวของตัว V คือ pulmonary trunk ส่วนขาสั้น คือ aorta

การทำงาน (function)

Valve สามารถเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ ในช่วง systole จะไม่เห็นเนื่องจากจะแนบไปกับผนังของ aorta ความเร็วของการไหลเวียน จะเพิ่มขึ้นตลอดการตั้งครรภ์ จาก 30 ซม./วินาที ที่อายุครรภ์ 12 สัปดาห์ จะเพิ่มขึ้นถึง 1 ม./วินาที เมื่ออายุครรภ์ครบกำหนด โดยการไหลเวียนใน aorta จะเร็วกว่า pulmonary artery ในภาวะปกติ ไม่ควรเห็นการไหลย้อนกลับของเลือดที่เรียกว่า regurgitation ทิศทางการไหลเวียนของเส้นเลือดใหญ่ทั้งสองเส้นควรไปทางเดียวกัน คือ เข้าหา spine

เอกสารอ้างอิง

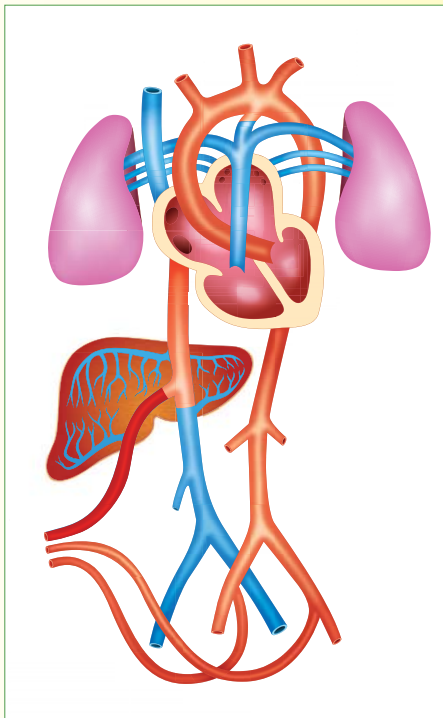
- 1) Allan LD, Cook AC, Huggon IC. Fetal Echocardiography: A Practical Guide. London: Cambridge University Press; 2009.
- 2) Jeanty P, Pilu G, Romero R. Fetal Echocardiography Part 1 : CD-ROM. 2001.
- 3) Paladini D, Chita SK, Allan LD. Prenatal measurement of cardiothoracic ratio in evaluation of heart disease. Arch Dis Child 1990 Jan;65(1 Spec No):20-3.
- 4) Chaoui R, Bollmann R, Goldner B, Heling KS, Tennstedt C. Fetal cardiomegaly: echocardiographic findings and outcome in 19 cases. Fetal Diagn Ther 1994 Mar;9(2):92-104.
- 5) Tongsong T, Wanapirak C, Sirichotiyakul S, Chanprapaph P. Sonographic markers of hemoglobin Bart disease at midpregnancy. J Ultrasound Med 2004 Jan;23(1):49-55.
- 6) Tongsong T, Tatiyapornkul T. Cardiothoracic ratio in the first half of pregnancy. J Clin Ultrasound 2004 May;32(4):186-9.
- 7) Luewan S, Yanase Y, Tongprasert F, Srisupundit K, Tongsong T. Fetal cardiac dimensions at 14-40 weeks' gestation obtained using cardio-STIC-M. Ultrasound Obstet Gynecol 2011 Apr;37(4):416-22.
- 8) De Vore GR, Sarti DA, Siassi B, Horenstein J, Platt LD. Prenatal diagnosis of cardiovascular malformations in the fetus with situs inversus viscerum during the second trimester of pregnancy. J Clin Ultrasound 1986 Jul;14(6):454-7.
- 9) Holzmann D, Ott PM, Felix H. Diagnostic approach to primary ciliary dyskinesia: a review. Eur J Pediatr 2000 Jan;159(1-2):95-8.
- 10) Abuhamad A, Chaoui R. A practical guide to fetal echocardiography : normal and abnormal hearts. 2 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010.
- 11) Comstock CH. Normal fetal heart axis and position. Obstet Gynecol 1987 Aug;70(2):255-9.
- 12) Smith RS, Comstock CH, Kirk JS, Lee W. Ultrasonographic left cardiac axis deviation: a marker for fetal anomalies. Obstet Gynecol 1995 Feb;85(2):187-91.
- 13) Dizon-Townson DS, Dildy GA, Clark SL. A prospective evaluation of fetal pericardial fluid in 506 second-trimester low-risk pregnancies. Obstet Gynecol 1997 Dec;90(6):958-61.
- 14) Jeanty P, Romero R, Hobbins JC. Fetal pericardial fluid: a normal finding of the second half of gestation. Am J Obstet Gynecol 1984 Jul 1;149(5):529-32.



บทที่ 4

สรีรวิทยาเชิงคลินิก

Clinical Physiology



■ ระบบหมุนเวียนของเลือดในทารกในครรภ์.....	45
ระยะก่อนคลอด	45
ระยะหลังคลอด.....	47
■ การทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ.....	48
■ เอกสารอ้างอิง.....	48



ระบบหมุนเวียนของเลือดทารกในครรภ์ (Fetal Circulation)

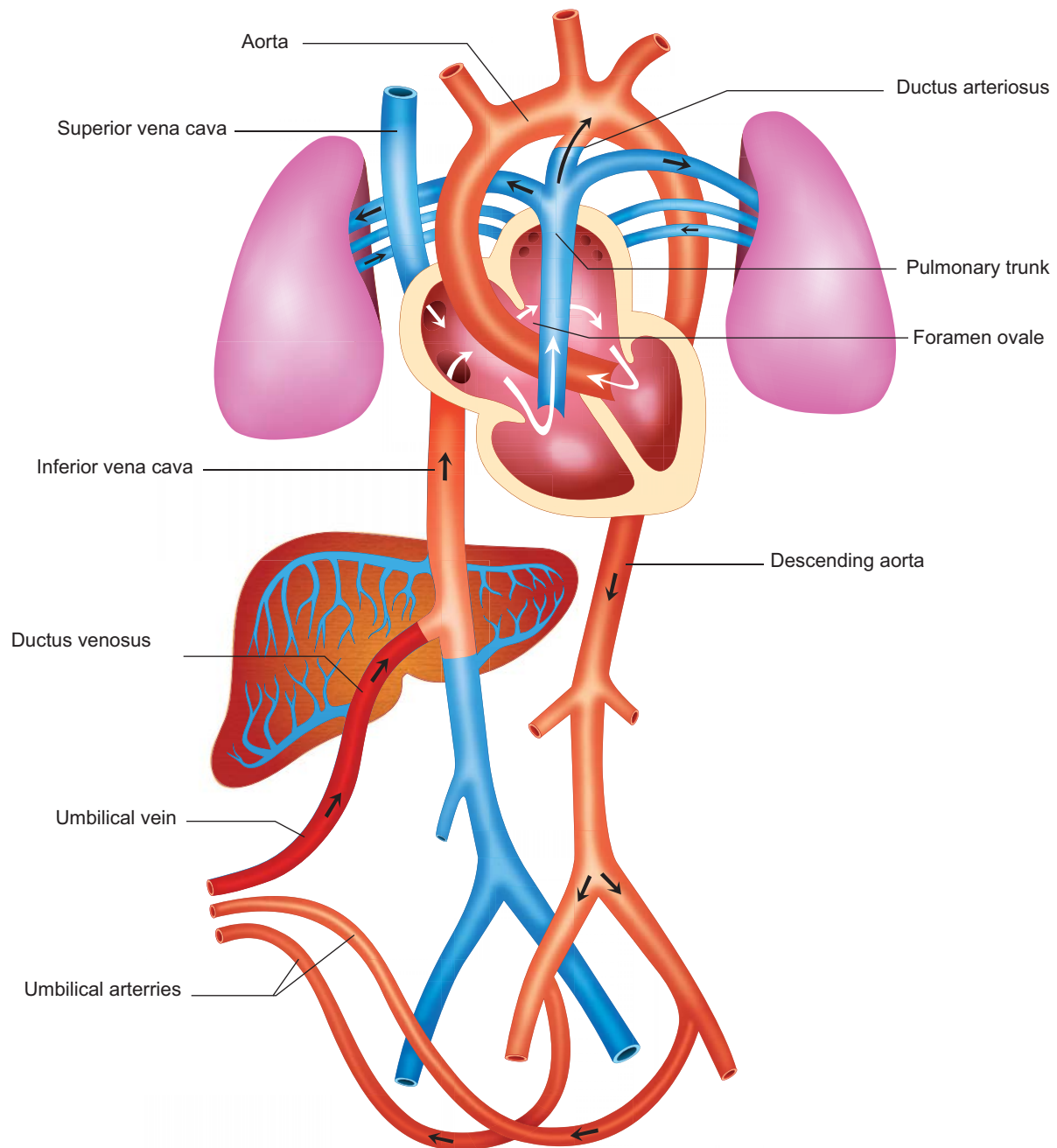
ระยะก่อนคลอด^(1;2)

เลือดจากรกเข้าสู่ร่างกายทางเส้นเลือดดำสายสะดือ (umbilical vein) ซึ่งมีเพียงเส้นเดียว นำเลือดที่มีออกซิเจนสูง และอาหารผ่านเข้าร่างกายทารกทางสายสะดือ เข้าไปตามผนังหน้าท้องของทารกและเข้าสู่ตับ เส้นเลือดนี้แตกแขนงเป็น portal sinus และ ductus venosus ซึ่ง portal sinus จะนำเลือดไปเลี้ยงตับ ส่วน ductus venosus เปิดเข้าสู่ inferior vena cava (IVC) โดยตรง เลือดจากตับไหลผ่านออกทางเส้นเลือดดำตับ (hepatic vein) เข้าสู่ IVC เลือดจาก IVC ที่เข้าสู่หัวใจมีความเข้มข้นของออกซิเจนน้อยกว่าเลือดที่มาจากรก แต่ก็ยังมากกว่าเลือดที่มาจาก superior vena cava (SVC)

เลือดจาก IVC และ SVC ไหลเข้าสู่ right atrium เช่นเดียวกัน แต่ทิศทางของเลือดที่พุ่งเข้าสู่หัวใจเป็นคนละทิศทาง เลือดจาก IVC พุ่งชน crista dividens แล้วสะท้อนพุ่งเข้าสู่ foramen ovale ผ่านไปยัง left atrium ส่วนเลือดจาก SVC ผ่าน foramen ovale น้อยมาก หรือไม่ผ่านเลย เลือดจาก IVC ผ่าน foramen ovale เข้าสู่ left atrium แล้วผ่านลงสู่ left ventricle จะมีออกซิเจนมากกว่าเลือดใน right ventricle ที่มาจาก SVC โดย oxygen saturation ต่ำกว่าใน left ventricle ร้อยละ 10-15 เลือดจาก left ventricle ถูกสูบฉีดไปเลี้ยงอวัยวะสำคัญได้แก่ หัวใจ สมอง ฯลฯ เลือดจาก right ventricle ถูกสูบฉีดผ่านทาง pulmonary trunk ซึ่งส่วนใหญ่จะ shunt ผ่านทาง ductus arteriosus สู่ descending aorta เลือดผ่านปอดเพียงส่วนน้อยเท่านั้น เนื่องจากความต้านทานในปอดของทารกในครรภ์สูง แต่ความต้านทานทาง ductus arteriosus และที่รก-สายสะดือต่ำ เชื่อว่า

prostaglandins E1 และ E2 ช่วยให้ ductus arteriosus อยู่ในภาวะขยายตัว และความต้านทานต่ำ (การให้ prostaglandin synthetase inhibitor แก่สตรีตั้งครรภ์ จึงทำให้ ductus arteriosus ปิดก่อนกำหนดได้) เลือดกลับมาสู่รกโดยผ่านทางเส้นเลือดแดง hypogastric (ซึ่งส่วนปลายกลายเป็นเส้นเลือดแดงสายสะดือ)

เลือดที่มีออกซิเจนปริมาณสูงจากรก (oxygen saturation ร้อยละ 80) จะมาทาง umbilical vein แล้วผ่านตับ โดยร้อยละ 30-50 จะผ่านมาทาง ductus venosus⁽³⁻⁵⁾ แต่สัดส่วนอาจลดลงเหลือเพียงร้อยละ 20 เมื่อครรภ์ครบกำหนด เลือดส่วนนี้มีออกซิเจนสูงและเทเข้า IVC โดยตรง เพื่อเข้าสู่ right atrium ส่วนเลือดที่เหลือเข้าสู่ hepatic sinusoid ผ่านเข้าตับทาง portal sinus และในที่สุดจะรวมกันเป็น hepatic veins เทเข้า IVC ไปยัง right atrium เช่นเดียวกัน เลือดที่ผ่านจาก umbilical vein เข้าสู่ตับแล้วออกทาง hepatic vein เข้าสู่ right atrium จะมีระดับออกซิเจนต่ำลงไปบ้างเล็กน้อย แต่ไม่มากนัก เนื่องจากตับได้ดูดซึมออกซิเจนไปเพียงร้อยละ 10-15 เท่านั้น⁽⁶⁾ จึงทำให้ออกซิเจนในเลือดโดยรวมไม่ลดลงมาก ซึ่งเลือดส่วนใหญ่จะผ่านไป left atrium ทาง foramen ovale มีเลือดที่ออกซิเจนต่ำจำนวนเล็กน้อยจากปอดมารวมทาง pulmonary vein ที่ left atrium จากนั้นไหลลงสู่ left ventricle ออกจากหัวใจไปยัง ascending aorta เพื่อไปเลี้ยงร่างกายส่วนบนทางแขนงที่แตกออกบริเวณ arch พอลงมาทาง descending aorta จะได้รับเลือดที่มีออกซิเจนต่ำลงเล็กน้อยที่ผ่านมาจาก ductus arteriosus เข้ามารวมด้วย ส่วน right atrium หลังจากรับเลือดที่มีออกซิเจนต่ำจากส่วนบนของร่างกายที่เทเข้าหลอดเลือดดำ SVC แล้วเทเข้าสู่ right atrium รวมกับเลือดที่มาจาก IVC เป็นเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนปานกลางเข้าสู่ right ventricle ส่งต่อไปที่ pulmonary artery มีเพียงร้อยละ 5-10 เท่านั้นที่ไปปอด เพราะปอดยังไม่ทำงาน ที่เหลือร้อยละ 90-95 จะผ่านไปยัง ductus arteriosus ไป



รูปที่ 4-1 ระบบไหลเวียนโลหิตของทารกในครรภ์



รวมกับเลือดที่มีออกซิเจนสูงจาก aortic arch และไปยัง descending aorta ไปเลี้ยง อวัยวะภายในและส่วนล่างของร่างกาย และมีส่วนที่ไป umbilical artery ที่จะกลับไปยัง placenta เพื่อแลกเปลี่ยนออกซิเจน

เลือดที่มาจาก umbilical vein จะผ่านเข้าไปในตับ และส่วนหนึ่งทะลุเข้าสู่ ductus venosus และทะลุเข้าสู่ IVC ซึ่งอยู่ใกล้ชิดมากกับตำแหน่งที่จะเปิดเข้าสู่ right atrium ซึ่งเลือดที่เข้าไปไม่ได้ปนกับเลือดที่มาจาก SVC แต่มีกระแสการไหลเวียนที่แตกต่างกัน แม้จะอยู่ใน right atrium เหมือนกัน รวมถึงเลือดที่มาจาก IVC ส่วนล่างกับเลือดที่มาจาก ductus venosus ก็ไม่ได้ปนกัน⁽⁷⁻¹¹⁾ เลือดที่มาจาก ductus venosus ซึ่งมีออกซิเจนสูงจะไหลไปทางด้าน antero-medial ของ IVC ในขณะที่กระแสเลือดที่มาจาก IVC ส่วนล่างแยกกระแสไปอยู่ทาง postero-lateral เลือดจาก ductus venosus ที่เปิดเข้าสู่ right atrium จะมีความเร็วสูงเนื่องจากไหลผ่านเส้นเลือดที่มีขนาดเล็กของ ductus venosus มีทิศทางพุ่งไปทางข้างซ้าย และถูกควบคุมกระแสโดย Eustachian valve (อยู่ปากทาง IVC เข้า right atrium) บดให้พุ่งตรงไปสู่ foramen ovale และถูกบังคับโดย flap foramen ovale และ crista dividens ของ interatrial septum ให้กระแสไปทาง left atrium ขณะที่เลือดจาก IVC ที่มาจากส่วนล่างของร่างกายถูกบังคับให้เข้าสู่ right atrium⁽¹²⁾ ดังนั้นเลือดที่มีออกซิเจนสูงจึงมีกระแสหลักผ่านไปยัง left atrium และ left ventricle ไปเลี้ยงสมองและร่างกายส่วนบนมากกว่าส่วนเลือดที่มาจาก IVC ส่วนล่างซึ่งมีออกซิเจนต่ำจะมีทิศทางพุ่งไปทางขวาของ right atrium และจะวนลงสู่ right ventricle สำหรับเลือดจาก SVC มีทิศทางพุ่งลงสู่ right ventricle มากกว่าและส่วนใหญ่จะผ่านออกไปทาง ductus arteriosus และ descending aorta ไปยังรก (รูปที่ 4-1)

เลือดใน ductus arteriosus จะมีความเร็วสูงที่สุดในร่างกาย และมีความเร็วมากขึ้นตามอายุครรภ์ด้วย⁽¹³⁾ เลือดที่ผ่านคิดเป็นร้อยละ 78 ของ right ventricular output หรือประมาณร้อยละ 46 ของ cardiac output ทั้งหมด⁽¹⁴⁾ Isthmus เป็นส่วนของ aortic arch ที่อยู่ระหว่าง left subclavian artery กับจุดเชื่อมกับ ductus arteriosus เป็นเสมือนเขตแบ่งกระแสเลือดส่วนที่มีออกซิเจนมากขึ้นสู่ศีรษะกับส่วนที่ออกซิเจนต่ำไปสู่รอกทาง descending aorta⁽¹⁵⁾ มีเลือดเพียงส่วนน้อยเท่านั้น

ที่ผ่านส่วนนี้เข้าสู่ descending aorta เพราะเลือดส่วนใหญ่จาก ascending aorta ถูกกระจายไปเลี้ยงหัวใจ (coronary artery) สมอง (carotid artery) และร่างกายส่วนบน (subclavian artery) ในภาวะปกติเลือดจะไหลผ่าน isthmus ไปข้างหน้า แต่ในกรณีที่มีปัญหาการเสื่อม เช่นในรายทารกโตช้าในครรภ์ ความดันในรกเพิ่มขึ้น อาจจะมีเลือดไหลย้อนกลับ (reverse flow) ใน isthmus ได้⁽¹⁵⁾ การไหลเวียนเลือดใน isthmus มีความยืดหยุ่นสูง ปรับไปตามสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง ในกรณีที่ left ventricular output ลดลง เลือดใน ductus venosus จะไหลย้อนกลับเข้าทาง isthmus ไปเลี้ยงสมอง⁽¹⁶⁾

ในภาวะที่มีความต้านทานที่รอกสูง เช่นกรณีรกเสื่อม ความดันโลหิตใน descending aorta จะสูงและส่งผลย้อนกลับไปเพิ่มความดันใน ductus arteriosus, right ventricle และ right atrium ที่ right atrium ซึ่งเป็นชุมทางเลือดสองเส้นทาง เมื่อความต้านทานใน right ventricle สูงขึ้น เลือดก็จะเพิ่มการไหลผ่านทาง foramen ovale มากขึ้น ส่งเลือดผ่านทาง aortic arch และเลี้ยงสมองมากขึ้น เกิดปรากฏการณ์ brain-sparing effect

ระยะหลังคลอด

ภายหลังการตัดสายสะดือ ปอดของทารกเริ่มทำงานทันที มีการแลกเปลี่ยนออกซิเจนที่ปอดแทน เพราะฉะนั้นเลือดที่กลับจากปอดจะไปยัง left atrium ลงไป left ventricle และออกไปทาง aorta จะมีความดันออกซิเจนสูง ในขณะเดียวกัน umbilical vein ไม่มีเลือดที่มีออกซิเจนสูงเข้ามาแล้ว จะมีแต่เลือดที่มีออกซิเจนต่ำมาจาก IVC เข้าไปในหัวใจทาง right atrium และลงสู่ right ventricle ออกจากหัวใจทาง pulmonary artery ไปสู่ปอด โดยจะไม่ผ่านไปทาง ductus arteriosus แล้ว เพราะมีความดันที่ต่ำกว่า ทำให้ ductus arteriosus จะปิดภายใน 10-15 ชั่วโมงหลังจากคลอด ในช่วงนี้ ความดันเลือดใน atrium ของข้างซ้ายที่สูงกว่าข้างขวา มีผลดันให้ foramen ovale ปิด ส่วน ventricle ข้างซ้ายจะทำงานหนักขึ้นกว่าข้างขวา ทำให้เมื่ออายุ 1 เดือนหลังคลอด ventricle ซ้ายจะหนากว่าข้างขวา ductus venosus จะฝ่อไป และ umbilical artery จะตีบและปิดหลังคลอดในที่สุด เพื่อป้องกันไม่ให้ทารกเสียเลือด การเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนของเลือดในทารกมาเป็นใน



adult จะไม่เกิดทันทีทันใดแต่จะใช้เวลาเป็นสัปดาห์ ซึ่งในช่วงนี้อาจมีเลือดไหลจากซ้ายไปยังขวาโดยผ่าน foramen ovale หรือมี patent ductus arteriosus 2-3 เดือน การเปลี่ยนแปลงในช่วงแรกนี้ เป็น physiological change แต่ต่อมาจึงจะมี anatomical change คือ

1. Umbilical vein เปลี่ยนเป็น ligamentum teres hepatis (round ligament of liver)
2. Ductus venosus เปลี่ยนเป็น ligamentum venosum
3. ความดันที่ right atrium ลดลง เพราะเลือดที่รกลดลง และปอดเริ่มทำงานทำให้ความดันใน left atrium สูงขึ้น ส่งผลให้ septum primum เชื่อมกับ septum secundum และปิด foramen ovale
4. Ductus arteriosus เริ่มปิดทันทีภายใน 24 ชั่วโมงหลังคลอดและจะเปลี่ยนเป็น ligamentum arteriosum โดยใช้เวลาประมาณ 1 ถึง 3 เดือน การปิดของ ductus arteriosus เป็นผลจากการที่ปอดขยายเพิ่มขึ้น หลอดเลือดในปอดจะขยาย ความดันใน pulmonary artery ลดลง กล้ามเนื้อที่ผนังของ ductus arteriosus หดตัวอย่างรวดเร็วภายหลังคลอดเนื่องจากมีออกซิเจนลดลงหรือถูกกระตุ้นโดยสาร bradykinin ซึ่งสร้างมาจากปอด
5. Umbilical artery ส่วนต้นเปลี่ยนเป็น superior vesical artery และส่วนปลายเปลี่ยนเป็น medial umbilical ligaments

การทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac Function)

การทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ (myocardium) ในครรภ์ กล้ามเนื้อหัวใจจะบีบและคลายตัวด้วยความแรงและจังหวะที่เท่ากัน ถ้าใส่ color flow จะเห็นปริมาณเลือดที่เข้าไปในช่องหัวใจเท่า ๆ กันทั้งสองข้าง ในจังหวะบีบตัวจะไม่มีการไหลย้อนของเลือดจาก ventricle เข้ามาใน atrium และเลือดจะไหลจาก atrium ข้างขวาไปข้างซ้าย โดยจะเห็น flap foramen ovale เปิดเข้าไปทางซ้าย

Frank-Starling Law

หัวใจของทารกในครรภ์ทำงานบีบตัวส่งเลือดไปเลี้ยงตามกฎของ Frank-Starling ตั้งแต่ปลายไตรมาส

แรกหรือต้นไตรมาสที่สอง กล่าวคือ กล้ามเนื้อหัวใจจะทำงานเพื่อเพิ่ม stroke volume (ปริมาณเลือดที่ออกไปในแต่ละการบีบตัว) เมื่อมีการเพิ่ม preload ซึ่งส่วนใหญ่นำมาจากการรับเลือดจากระบบหลอดเลือดดำ^(17,18) เมื่อ preload มากขึ้น โดยเฉพาะภาวะ hypervolemia เช่น จากภาวะชืดของทารกในครรภ์จะทำให้การบีบตัวแรงขึ้น กล้ามเนื้อหัวใจปรับตัวเพิ่ม stroke volume ได้มาก ความดันใน ventricles เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาตรในช่องหัวใจมากขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อถึงขีดจำกัดที่ไม่สามารถรับกับ preload ที่เพิ่มขึ้นมากได้ไหว (decompensated) ก็ จะแสดงอาการของหัวใจล้มเหลวตามมา⁽¹⁹⁾ การวัดการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจเช่น shortening fraction⁽²⁰⁾ หรือ Tei index⁽²¹⁾ จะมีประโยชน์ในการประเมินการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ โดยเฉพาะในกรณีที่ทารกมีปัจจัยเสี่ยงต่อหัวใจล้มเหลว เช่น fetal anemia เป็นต้น

การทำงานของลิ้นหัวใจ/หลอดเลือด

Valve สามารถเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ แต่ในช่วง systole จะไม่เห็น เนื่องจาก valve จะแนบไปกับผนังของหลอดเลือดไม่ว่าจะเป็น aorta หรือ pulmonary artery ความเร็วของการไหลเวียนใน aorta จะเพิ่มขึ้นตลอดการตั้งครรภ์ จาก 30 ซม./วินาที ที่อายุครรภ์ 12 สัปดาห์ จะเพิ่มขึ้นเป็น 1 ม./วินาที เมื่ออายุครรภ์ครบกำหนด โดยการไหลเวียนใน aorta จะเร็วกว่า pulmonary artery และในภาวะปกติ ไม่ควรเห็นการไหลย้อนกลับของเลือดที่เรียกว่า regurgitation ทิศทางการไหลเวียนของเส้นเลือดใหญ่ทั้งสองเส้นควรไปทางเดียวกัน คือ เข้าหา spine

เอกสารอ้างอิง

- 1) Cunningham FG, Leveno KJ, Bloom SL, Hauth JC, Rouse D.J., Spong CY. Williams Obstetrics. 23 ed. New York: McGraw-Hill; 2010.
- 2) Benirschke K. Normal early development. In: Creasy RK, Resnik R, Iams JD, editors. Creasy and Resnik's Maternal-Fetal Medicine: Principles and Practice. 6 ed. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2009. p. 37-46.
- 3) Pennati G, Corno C, Costantino ML, Bellotti M. Umbilical flow distribution to the liver and the ductus venosus in human fetuses during gestation: an anatomy-based mathematical modeling. Med Eng Phys 2003 Apr;25(3):229-38.



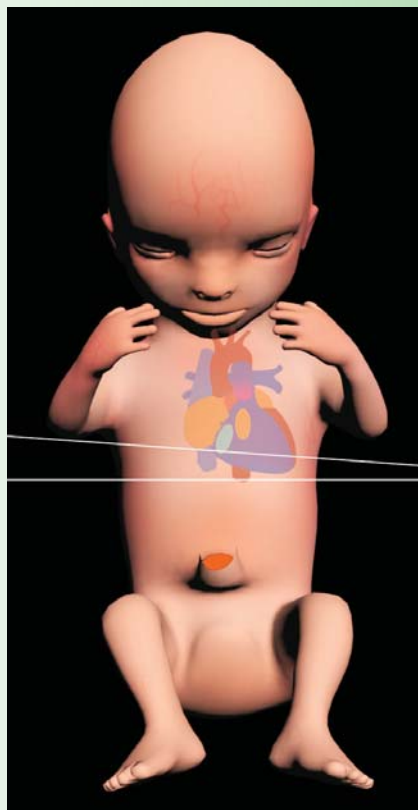
- 4) Bellotti M, Pennati G, De GC, Battaglia FC, Ferrazzi E. Role of ductus venosus in distribution of umbilical blood flow in human fetuses during second half of pregnancy. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2000 Sep;279(3):H1256-H1263.
- 5) Kiserud T, Rasmussen S, Skulstad S. Blood flow and the degree of shunting through the ductus venosus in the human fetus. *Am J Obstet Gynecol* 2000 Jan;182(1 Pt 1):147-53.
- 6) Bristow J, Rudolph AM, Itskovitz J, Barnes R. Hepatic oxygen and glucose metabolism in the fetal lamb. Response to hypoxia. *J Clin Invest* 1983 May;71(5):1047-61.
- 7) Kiserud T. Hemodynamics of the ductus venosus. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 1999 Jun;84(2):139-47.
- 8) Silver M, Barnes RJ, Fowden AL, Comline RS. Preferential oxygen supply to the brain and upper body in the fetal pig. *Adv Exp Med Biol* 1988;222:683-7.
- 9) Edelstone DI, Rudolph AM. Preferential streaming of ductus venosus blood to the brain and heart in fetal lambs. *Am J Physiol* 1979 Dec;237(6):H724-H729.
- 10) Reuss ML, Rudolph AM, Heymann MA. Selective distribution of microspheres injected into the umbilical veins and inferior vena cavae of fetal sheep. *Am J Obstet Gynecol* 1981 Oct 15;141(4):427-32.
- 11) Schmidt KG, Silverman NH, Rudolph AM. Assessment of flow events at the ductus venosus-inferior vena cava junction and at the foramen ovale in fetal sheep by use of multimodal ultrasound. *Circulation* 1996 Feb 15;93(4):826-33.
- 12) Kiserud T, Eik-Nes SH, Blaas HG, Hellevik LR. Foramen ovale: an ultrasonographic study of its relation to the inferior vena cava, ductus venosus and hepatic veins. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1992 Nov 1;2(6):389-96.
- 13) Huhta JC, Moise KJ, Fisher DJ, Sharif DS, Wasserstrum N, Martin C. Detection and quantitation of constriction of the fetal ductus arteriosus by Doppler echocardiography. *Circulation* 1987 Feb;75(2):406-12.
- 14) Mielke G, Benda N. Cardiac output and central distribution of blood flow in the human fetus. *Circulation* 2001 Mar 27;103(12):1662-8.
- 15) Bonnin P, Fouron JC, Teyssier G, Sonesson SE, Skoll A. Quantitative assessment of circulatory changes in the fetal aortic isthmus during progressive increase of resistance to umbilical blood flow. *Circulation* 1993 Jul;88(1):216-22.
- 16) Kiserud T, Acharya G. The fetal circulation. *Prenat Diagn* 2004 Dec 30;24(13):1049-59.
- 17) Weil SR, Russo PA, Heckman JL, Balsara RK, Pasiecki V, Dunn JM. Pressure-volume relationship of the fetal lamb heart. *Ann Thorac Surg* 1993 Feb;55(2):470-5.
- 18) Ursem NT, Struijk PC, Hop WC, Clark EB, Keller BB, Wladimiroff JW. Heart rate and flow velocity variability as determined from umbilical Doppler velocimetry at 10-20 weeks of gestation. *Clin Sci (Lond)* 1998 Nov;95(5):539-45.
- 19) Tongsong T, Tongprasert F, Srisupundit K, Luewan S. Venous Doppler studies in low-output and high-output hydrops fetalis. *Am J Obstet Gynecol* 2010 Nov;203(5):488-6.
- 20) Tongsong T, Wanapirak C, Piyamongkol W, Sirichotiyakul S, Tongprasert F, Srisupundit K, et al. Fetal ventricular shortening fraction in hydrops fetalis. *Obstet Gynecol* 2011 Jan;117(1):84-91.
- 21) Luewan S, Tongprasert F, Srisupundit K, Tongsong T. Fetal Myocardial Performance (Tei) Index in Fetal Hemoglobin Bart's Disease. *Ultraschall Med.* 2013 Feb 5. [Epub ahead of print]



บทที่ 5

วิวหัวใจสี่ห้อง

Four-Chamber View

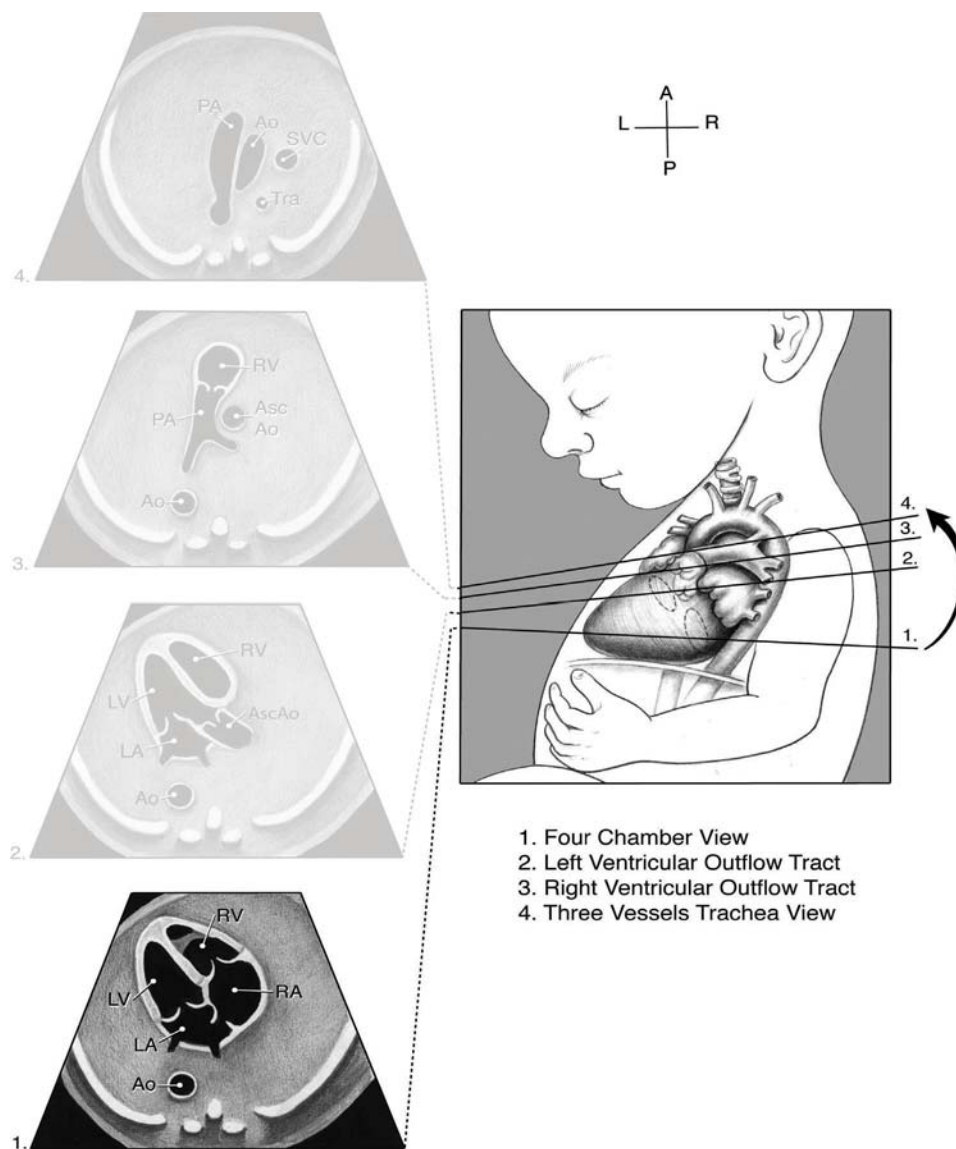


■ เทคนิคการตรวจ	54
■ วิดตัดขวางท้องส่วนบน	54
■ การตรวจตำแหน่งซ้ายขวา (situs) ของอวัยวะ	55
■ การขยับหัวตรวจให้ลำเสียงตั้งฉากกับจุดที่สนใจ	56
■ ขนาด	57
■ การวัดเส้นรอบวง	57
■ การวัดเส้นผ่าศูนย์กลาง	57
■ ตำแหน่ง	59
■ Cardiac axis	59
■ โครงสร้าง	60
หัวใจห้องบนและล่าง (atrium, ventricle)	61
ผนังกั้นหัวใจห้องบน (atrial septum)	62
Atrioventricular (AV) valves	63
Crux	63
ผนังกั้นห้องหัวใจล่าง (ventricular septum)	63
ลักษณะภายในช่องหัวใจ	63
■ น้ำในช่องเยื่อหุ้มหัวใจ	63
■ การทำงาน	64
■ ตัวอย่างความผิดปกติของหัวใจ	64
■ เอกสารอ้างอิง	73



การตรวจอัลตราซาวด์หัวใจทารกในครรภ์ด้วย four-chamber view (4CV) (รูปที่ 5-1) เป็นการประเมินเบื้องต้น สำหรับผู้เริ่มต้น ควรฝึกให้ชำนาญ เพราะ view นี้สามารถบอกความผิดปกติของหัวใจได้ร้อยละ

40-50 ถือว่า 4CV เป็นวิวที่ต้องตรวจสอบในการตรวจอัลตราซาวด์คัดกรองความผิดปกติของทารกในครรภ์ หรือเป็นการตรวจขั้นพื้นฐานที่สุดที่ต้องทำทุกครั้ง⁽¹⁾ ถ้ามีปัญหาด้านเทคนิค ตรวจไม่ได้จริง ๆ ให้บันทึกระบุไว้



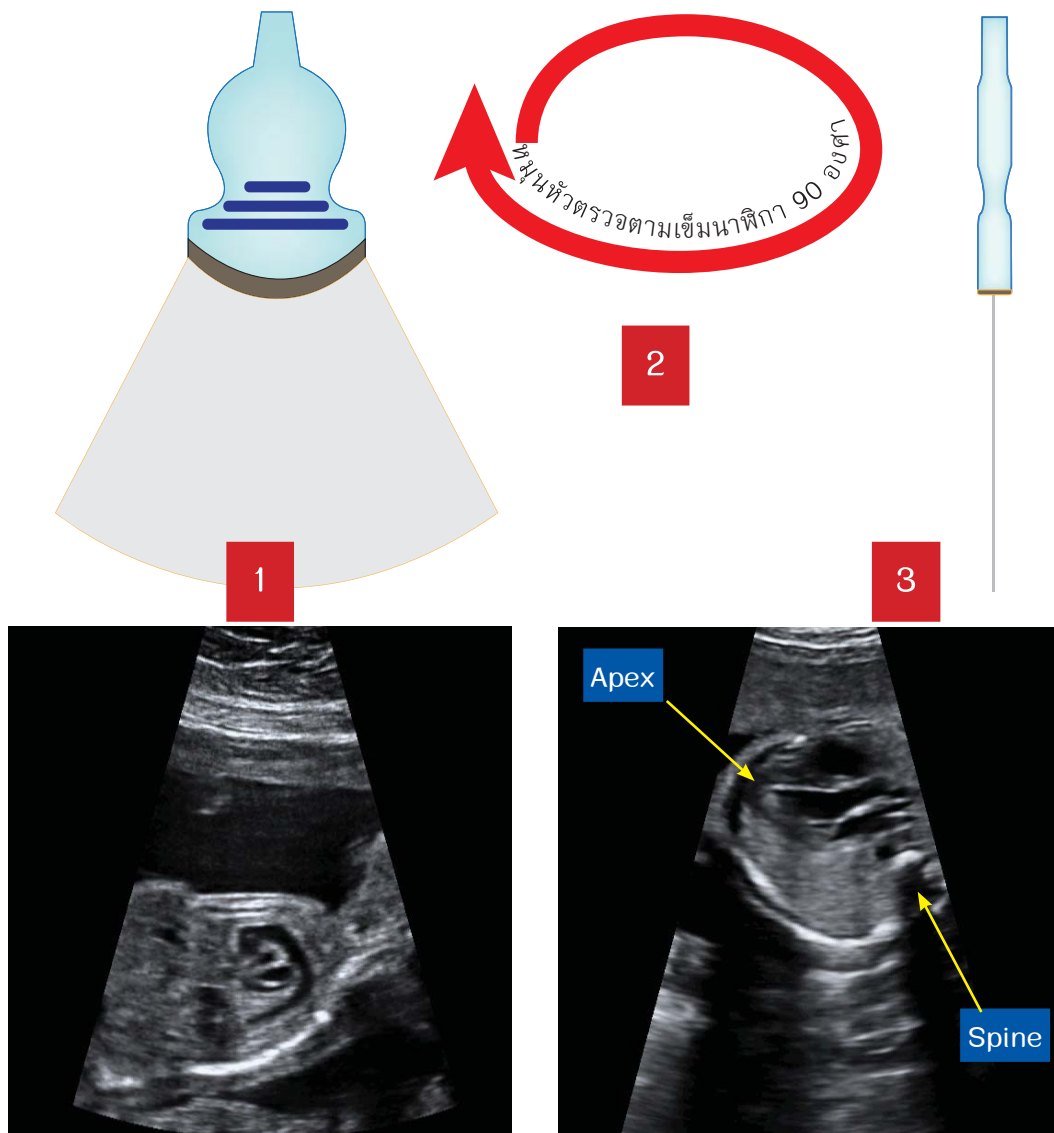
รูปที่ 5-1 วิวัฒนาการในการตรวจหัวใจทารกในครรภ์ (fetal echocardiography) : แสดง four-chamber view (4CV) (Ao; descending aorta, Asc Ao; ascending aorta, LA; left atrium, LV; left ventricle, PA; pulmonary artery, RA; right atrium, RV; right ventricle; and Tra; trachea) (ที่มา : AIUM practice guideline for the performance of fetal echocardiography. J Ultrasound Med 2011 Jan;30(1):127-36.)

เทคนิคการตรวจ

เพื่อให้เกิดความเคยชินในทางปฏิบัติต่อการตรวจอย่างเป็นระบบ ควรเริ่มด้วยการตรวจการเรียงลำดับซ้ายขวาของอวัยวะภายใน (situs) เป็นกิจวัตรไปด้วย ในขั้นตอนนี้จะขอกกล่าวถึงการตรวจ 4CV ที่รวมการตรวจวิัดขวางของท้องส่วนบน (transverse plane of upper abdomen) และการตรวจ situs ไปด้วย ดังนี้

วิัดขวางท้องส่วนบน

กระเพาะอาหารอยู่ทางซ้าย (ใต้ต่อหัวใจ) ตับกินพื้นที่ส่วนใหญ่ สังเกต umbilical vein และ portal sinus ซึ่งเลี้ยวไปทางด้านขวา กระเพาะอาหารที่อยู่ทางด้านขวา หรืออยู่ค่อนข้างตรงกลางแทนที่จะชิดซ้าย เหมือนปกติจะพบได้บ่อยใน heterotaxy เป็นวิธีที่ควรสังเกตตำแหน่งของ inferior vena cava และ aorta ด้วย โดย aorta อยู่ค่อนข้างทางด้านซ้ายของกระดูกสัน



รูปที่ 5-2 เทคนิคของ Cordes ในการตรวจตำแหน่งซ้ายขวา (situs) ของหัวใจ 1) ปรับหัวตรวจให้ได้ภาพตามแนวยาวของลำตัวทารก โดยให้ศีรษะทารกอยู่ทางขวามือของจอ 2) หมุนหัวตรวจตามเข็มนาฬิกา 90 องศา 3) ภาพอัลตราซาวด์จะแสดงวิัดขวางของลำตัวทารกโดยที่ศีรษะอยู่ลึกในจอ และเท้าอยู่ด้านนอก (caudocranial perspective) ภาพที่เห็นนี้จึงแสดงภาวะ dextrocardia (หัวใจอยู่ซีกขวา ชี้อยอดไปทางขวา)



หลัง และขีดด้านหลังกว่า inferior vena cava ซึ่งอยู่หน้าและค่อนข้างไปทางด้านขวาของกระดูกสันหลัง การใส่ color flow mapping จะช่วยให้สำรวจระบบหลอดเลือดได้ดีขึ้น โดยเฉพาะ hepatic vein, ductus venosus, inferior vena cava และ aorta เมื่อเลื่อนระดับสูงขึ้นไปหาหัวใจ inferior vena cava จะทอดขยับไปข้างหน้าเพื่อเทเข้า right atrium และขนาดโตขึ้น

การตรวจตำแหน่งซ้ายขวา (situs) ของอวัยวะ

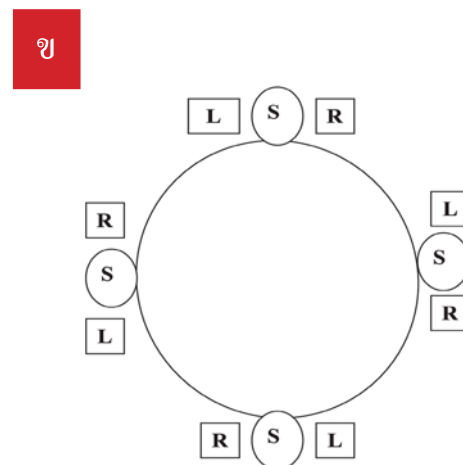
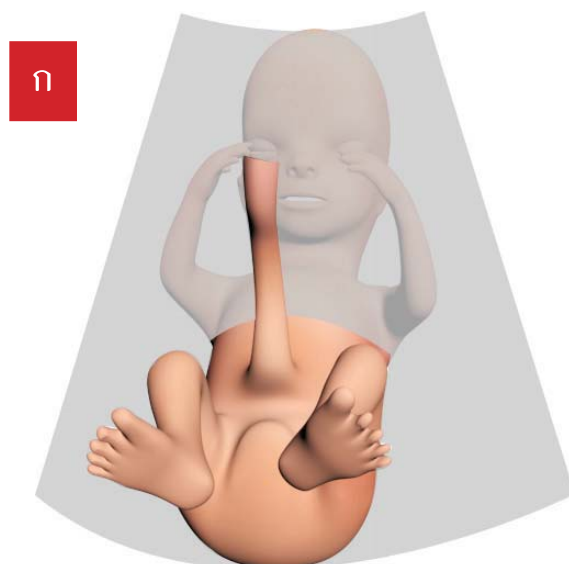
มีหลายเทคนิค ตัวอย่างง่าย ๆ ที่ผู้เขียนใช้บ่อย ๆ ในการกำหนดข้างซ้ายขวาของทารก ตามเทคนิคของ Cordes⁽²⁾ ซึ่งทำได้ดังนี้

- 1) ปรับหัวตรวจแสดงทารกในแนวยาวตามลำตัวบนจอสกรีน โดยให้ศีรษะทารกอยู่ทางขวามือของจอ (ขวามือของผู้ตรวจ)
- 2) หมุนหัวตรวจ 90 องศา ตามเข็มนาฬิกา จนได้เป็นภาพตัดขวาง

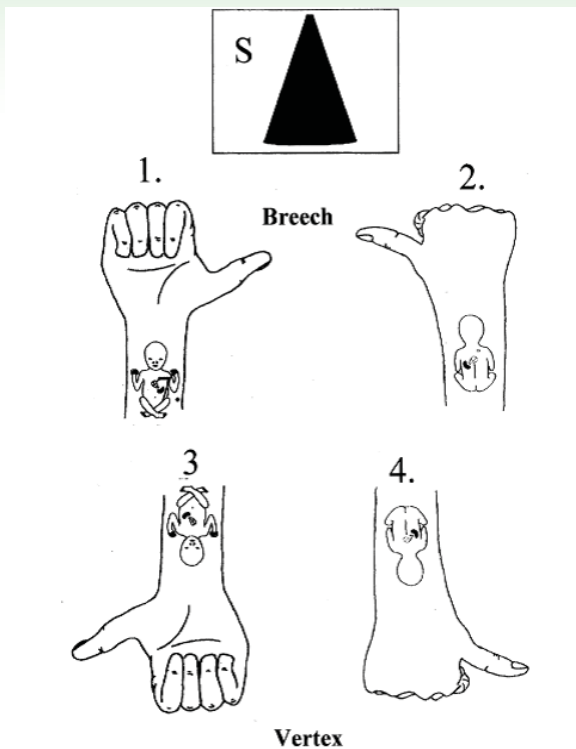
- 3) แปลผลซ้ายขวาจากภาพตัดขวางดังกล่าว : โดยภาพที่ปรากฏบนสกรีนจะมีศีรษะอยู่ลึกเข้าไปในจอ และทิศทางของเท้าทารกจะยื่นออกมานอกจอ ชี้เข้าหาผู้ตรวจ (caudocranial perspective)

จาก Cordes technique สามารถนำมาวาดเป็น diagram ดังแสดงในรูปที่ 5-2,3

นอกจากนี้ ในปี 2002 Bronshtein M⁽³⁾ ได้ประยุกต์เทคนิคของ Cordes ให้ง่ายขึ้น โดยให้สมมติว่ามือขวาของผู้ตรวจเป็นทารก ถ้ามือและคว่ำมือลงให้เสมือนว่าทารกอยู่ในท่านอนคว่ำ เอาหลังขึ้นมาด้านบน และถ้าหงายมือขึ้นให้เสมือนว่าทารกนอนหงาย เอาหลังลงด้านล่าง โดยที่ทิศทางของนิ้วโป้งจะชี้ไปทางด้านซ้ายเสมอ ดังนั้นไม่ว่าทารกอยู่ในแนวไหนก็สามารถระบุตำแหน่งขวาซ้ายที่ถูกต้องได้ ดังรูปที่ 5-4



รูปที่ 5-3 ก) รูปวาดแสดงผลลัพธ์ของการตรวจตามเทคนิคของ Cordes ได้ภาพอัลตราซาวด์วิวตัดขวางของลำตัวทารก โดยที่ศีรษะอยู่ลึกในจอ และเท้าอยู่ด้านนอก (caudocranial perspective) ข) ไดอะแกรมภาพตัดขวางของลำตัวทารกที่เห็นจากภาพอัลตราซาวด์ แสดงความสัมพันธ์ของของ spine (S) กับตำแหน่งซ้าย (L) - ขวา (R) ซึ่งแปรไปตามสภาพการนอนคว่ำหงายของทารก (ที่มา: Özkutlu et al. Prenatal echocardiographic diagnosis of cardiac right/left axis and malpositions according to standardized Cordes technique. Anadolu Kardiyol Derg. 2011; 11: 131-6)

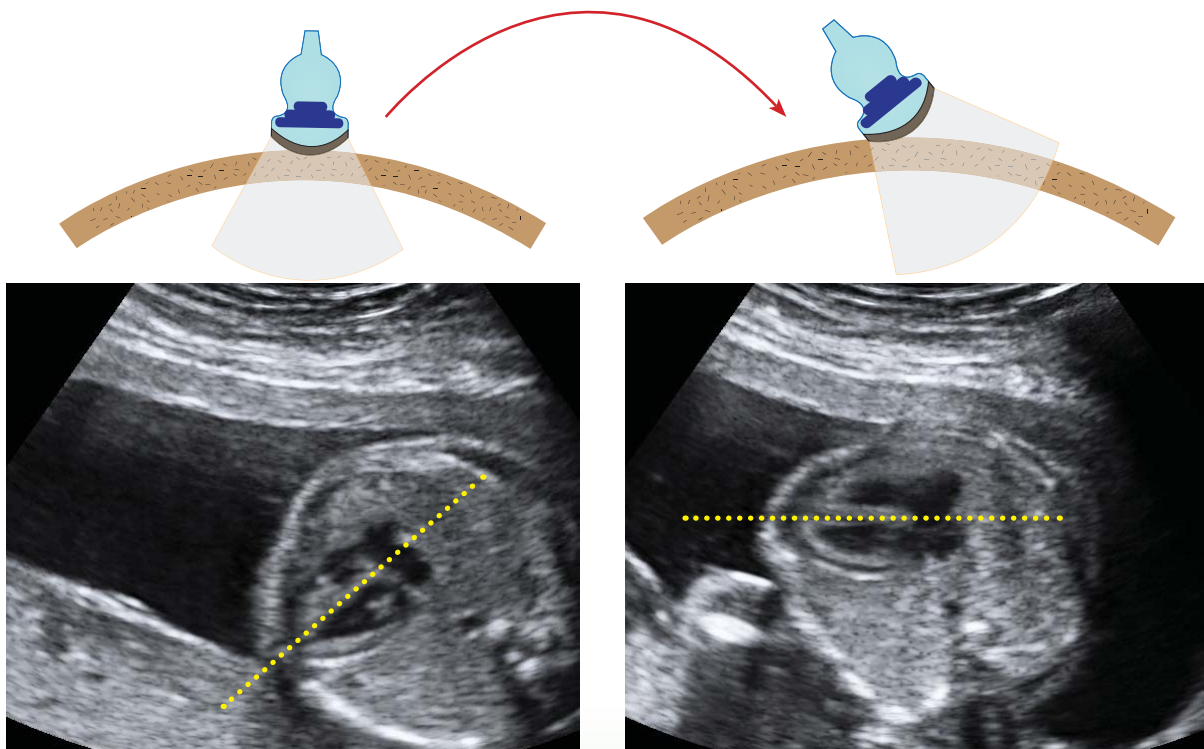


รูปที่ 5-4 เทคนิคของ Bronshtein ในการตรวจตำแหน่งซ้ายขวา (situs) ของหัวใจ (ที่มา: Bronshtein M, Gover A, Zimmer EZ. Sonographic definition of the fetal situs. Obstet Gynecol 2002 Jun;99(6):1129-30.)

การตรวจ 4CV ทำโดยการวางหัวตรวจให้อยู่ในแนวตัดขวางกับลำตัวของทารก ระดับทรวงอก สูงกว่าแนวกะบังลม หรือสูงกว่าหัวใจวัดเส้นรอบท้องทารกเล็กน้อย 4CV อยู่ในระนาบตัดขวางของทรวงอก เกือบเป็นแนวราบ ซึ่งต่างกับในผู้ใหญ่ที่ยอดหัวใจซึ่งสูงกว่าตอนอยู่ในครรภ์จะเห็นลักษณะ ที่ประกอบด้วย หัวใจ ในภาพตัดขวางที่เห็น 4 ห้อง คือ atrium ขวา-ซ้าย และ ventricle ขวา-ซ้าย ล้อมรอบด้วยปอดทั้ง 2 ข้าง อยู่ในขอบเขตของกระดูกซี่โครง (ribs)

การขยับหัวตรวจ (transducer หรือ probe) ให้ลำเสียงตั้งฉากกับจุดที่สนใจ

ตัวอย่างการทำ rocking หัวตรวจ จากภาพตั้งต้นที่มีหัวใจในระดับ 4CV ทำการปรับ rocking หัวตรวจ จนทำให้ภาพบนสกรีน เปลี่ยนจากที่ interventricular septum อยู่ในแนวชี้ขนานกับลำเสียงกลายมาอยู่ในแนวตั้งฉากกับลำเสียง ดังรูปที่ 5-5



รูปที่ 5-5 เทคนิคในการปรับหัวตรวจด้วยการกดข้างหนึ่งลงไป (rocking) เพื่อให้ลำเสียงไปตั้งฉากกับส่วนที่เราสนใจ ซึ่งในภาพนี้เป็นการเปลี่ยนการแสดงผลภาพจาก apical 4CV เป็น transverse 4CV ซึ่งทำให้ลำเสียงตั้งฉากกับ interventricular septum เพื่อทำการประเมิน interventricular septum ให้ชัดเจนขึ้น



หลักการ

ในวิธีนี้มีสิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญและต้องตรวจหาทุกครั้งที่ทำ การตรวจอัลตราซาวด์ ได้แก่ การประเมินขนาด ตำแหน่ง โครงสร้าง และการทำงาน⁽⁴⁻⁷⁾

ขนาด (size)

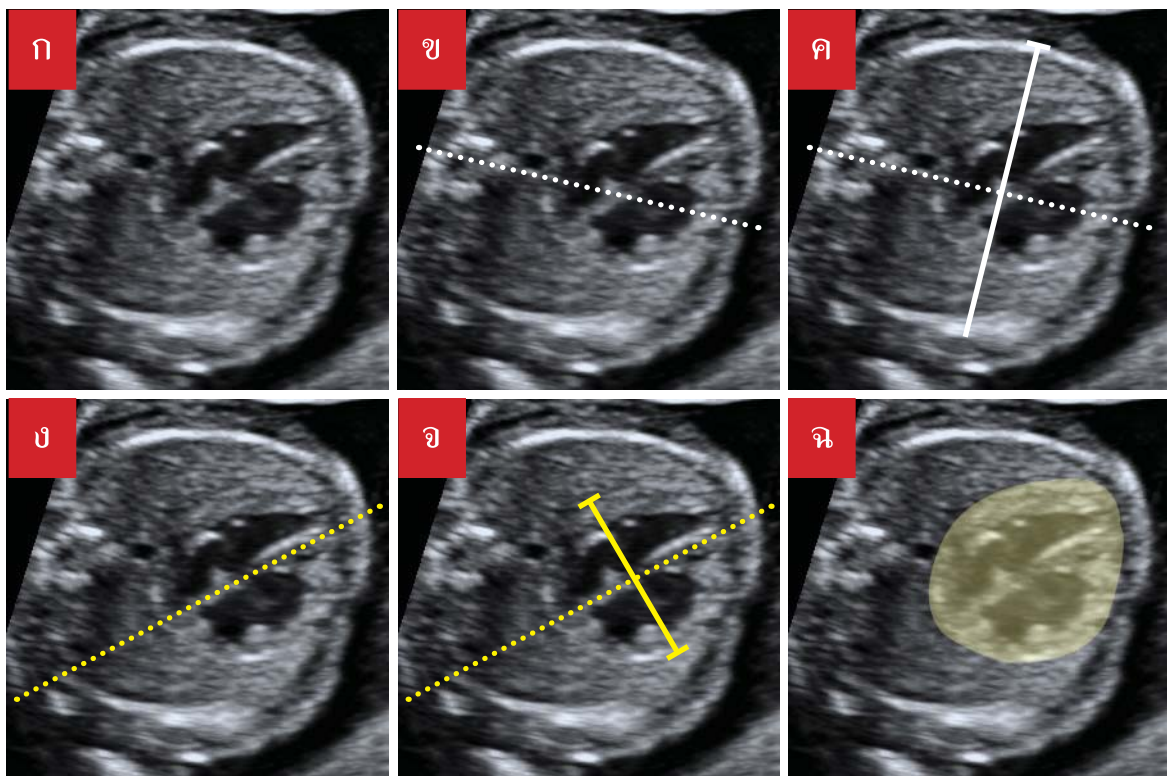
- หัวใจทารกจะมีขนาดประมาณ 1 ใน 3 ของช่องทรวงอก ซึ่งอาจประเมินได้ด้วยตาเปล่า หรือเส้นรอบวงประมาณครึ่งหนึ่งของเส้นรอบวงของทรวงอก
- การวัดอัตราส่วนระหว่างหัวใจกับทรวงอก (cardio-thoracic ratio) โดยการวัด การวัดค่าเส้นรอบวงหัวใจเทียบกับทรวงอก ซึ่งโดยปกติควรมีอัตราส่วนประมาณ 0.55 ± 0.05 ⁽⁷⁾ หรือ วัดเส้นผ่าศูนย์กลาง

การวัดเส้นรอบวง^(6,8,9)

คือ การวัดเส้นรอบวงของหัวใจ (cardiac circumference) เป็นการวัดความยาวเส้นรอบวงที่ลากตามแนวขอบนอกของหัวใจ ในจังหวะที่หัวใจคลายตัวเต็มที่ (end diastole) นิยมเปรียบเทียบกับเส้นรอบวงของทรวงอก (thoracic circumference) แล้วนำมาคำนวณค่าสัดส่วนเส้นรอบวงของหัวใจต่อทรวงอก (C/T ratio) ดังรูปที่ 5-6 ค่าอัตราส่วนของเส้นรอบวงค่อนข้างคงที่ คือ 0.45 ที่ 17 สัปดาห์ และ 0.50 เมื่อครรภ์ครบกำหนด⁽¹⁰⁾

การวัดเส้นผ่าศูนย์กลาง⁽¹¹⁾

คือ การวัดเส้นผ่าศูนย์กลางหัวใจ (diameter) โดยวัดจากขอบนอกสุดของหัวใจ ส่วนที่กว้างที่สุด ซึ่งอยู่ใกล้ระดับ atrioventricular valves (AV valves) ในจังหวะ



รูปที่ 5-6 เทคนิคในการวัดขนาดของหัวใจ ก) วิวหัวใจทารกระดับ 4CV ขณะ end-diastole, ข) ลากเส้นสมมุติในแนวหน้าหลัง จากกึ่งกลางกระดูกสันหลังไปยังกระดูก sternum ค) ลากเส้นผ่าศูนย์กลางทรวงอก วัดจากขอบนอกของกระดูกซี่โครงข้างหนึ่งไปอีกข้างหนึ่ง ที่ตำแหน่งกว้างที่สุด ซึ่งควรตั้งฉากกับเส้นแนวหน้าหลัง ง) ลากเส้นแนวแกนของหัวใจ ซึ่งลากผ่านแนว interventricular septum จ) ลากเส้นผ่าศูนย์กลางหัวใจจากขอบด้านนอกด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง ตรงตำแหน่งที่กว้างที่สุด และตั้งฉากกับแนวแกนของหัวใจ ฉ) ขอบเขตหัวใจสำหรับการวัดเส้นรอบวง หรือพื้นที่ของหัวใจ

คลายตัวเต็มที่ (end diastole) และเส้นผ่าศูนย์กลางแนวขวางของทรวงอก โดยวัดจากขอบนอกของกระดูกซี่โครงระดับทรวงอก นำมาคำนวณค่าสัดส่วนเส้นผ่าศูนย์กลางหัวใจต่อทรวงอก (CTR) ดังรูปที่ 5-6 มีรายงานการศึกษาค่า CTR ปกติของช่วงอายุครรภ์ 11-20 สัปดาห์ของทารกไทย⁽¹¹⁾ พบว่าอัตราส่วนเส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มขึ้นตามอายุครรภ์ จึงควรเทียบกับค่ามาตรฐานของแต่ละอายุครรภ์ ซึ่งอาจใช้เป็นค่าเปรียบเทียบในการประเมินทารกไทย

การตรวจ CTR มีความสำคัญในการวินิจฉัยโรคฮีโมโกลบินบาร์ท ซึ่งพบได้บ่อยมากในประเทศไทย เพื่อความสะดวกในการประเมิน ผู้เขียนนิยมวัด CTR ซึ่งค่าที่เกิน 0.5 ในขณะที่การตั้งครรภ์จะบ่งชี้ความเสี่ยงสูงที่จะเป็นโรคดังกล่าว (ในครรภ์ที่มีความเสี่ยง)⁽¹²⁾

เทคนิคการวัด CTR (รูปที่ 5-6)

- ปรับภาพ 2D real-time ให้ได้ 4CV ที่เหมาะสม (เห็นแนวซี่โครงตลอดแนว เห็นตำแหน่ง pulmonary veins เป็นต้น) เลือกตอนที่ทารกสงบ ช่วงที่ไม่มีการหายใจ
- เลื่อนเฟรมใน cine loop จนได้ตำแหน่ง end-diastole ซึ่งสังเกตว่าขนาด ventricles ทั้งสองข้างมีขนาดใหญ่ที่สุด ให้ freeze เฟรมดังกล่าวไว้
- ลากเส้นแนวหน้า-หลังของทรวงอก เป็นแนวอ้างอิงไว้ก่อน โดยลากจากจุดกึ่งกลางของกระดูกสันหลัง ไปยังจุดกึ่งกลางของกระดูก sternum
- ลากเส้นตัดขวางทรวงอกในตำแหน่งที่ทรวงอกกว้างที่สุด ลากให้ตั้งฉากกับเส้นแนวหน้า-หลังที่ลากไว้ก่อน เส้นที่ได้นี้ถือเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางทรวงอก (thoracic diameter)
- ลากเส้นแนว interventricular septum โดยให้เส้นนี้แบ่งครึ่ง septum อย่างสมมาตร
- ลากเส้นผ่านหัวใจตั้งฉากกับเส้นแนว interventricular septum ดังกล่าวข้างต้น โดยลากผ่านระดับที่หัวใจมีความกว้างมากที่สุด ซึ่งมักจะอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กับ AV valves (มักจะต่ำกว่า AV valves เล็กน้อย) ถือเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางหัวใจ
- หาค่า CTR จากอัตราส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวใจกับเส้นผ่าศูนย์กลางทรวงอก

ความผิดปกติ

หัวใจมีขนาดใหญ่

- ต้องแยกก่อนว่าหัวใจโตทั้งหมด (global enlargement) หรือ โตเฉพาะส่วน เช่น atrium หรือ ventricle ข้างใดข้างหนึ่ง
- ถ้าโตทั้งหมด ตรวจให้แน่ใจว่าหัวใจโตจริง หรือ ทรวงอกมีขนาดเล็ก ทำให้ CTR มากผิดปกติ เช่น ในภาวะน้ำคร่ำน้อย (oligohydramnios) ความผิดปกติของระบบกระดูกและโครงสร้าง (skeletal dysplasia) เป็นต้น

Global enlargement

ภาวะหัวใจล้มเหลว หรือ hypervolemia ที่มีการเพิ่มขึ้นของ stroke volume และ/หรือ cardiac output ทำให้หัวใจโตทั่ว ๆ อาจมีสาเหตุจากภาวะชืดของทารกในครรภ์, sacrococcygeal teratoma, atriovenous malformations เป็นต้น หรือ อาจเกิดจากกล้ามเนื้อหัวใจบีบตัวไม่ได้ (cardiomyopathy) เช่น ในภาวะ myocarditis, cardiomyopathy ก็เป็นไปได้

Right atrium enlargement

- พบบ่อยในรายที่มี tricuspid regurgitation, tricuspid dysplasia หรือ Ebstein's anomaly อาจเกิดจากความผิดปกตินอกหัวใจ เช่น ภาวะที่ไม่มี ductus venosus ทำให้ umbilical vein มาเปิดเข้า atrium ขวาโดยตรง
- Idiopathic dilatation of right atrial appendage พบได้น้อย โดยที่ tricuspid valve จะปกติ ไม่มี regurgitation มีแต่ atrial appendage ที่ใหญ่ขึ้นโดยไม่ทราบสาเหตุ

Left atrial enlargement

- คล้ายกับ tricuspid valve คือ จะสัมพันธ์กับ mitral regurgitation, mitral dysplasia อาจเกิดจาก aortic valve stenosis/atresia
- Absence of ductus venosus ก็ทำให้ left atrium โตได้เช่นกัน หรือ จาก coronary artery fistula ทำให้เลือดไหลเข้า left atrium โดยตรง



Right ventricular enlargement

- สัมพันธ์กับ severe pulmonary regurgitation ใน absent pulmonic valve syndrome
- ภาวะปริมาณเลือดมากเกินไปในหัวใจข้างขวา จาก coarctation of aorta หรือ total anomalous pulmonary venous drainage

Left ventricular enlargement

- มักเกิดใน aortic stenosis ชนิดรุนแรง หรือ severe aortic regurgitation จาก aorto-left ventricular tunnel ซึ่งพบได้น้อย

หัวใจมีขนาดเล็ก

ส่วนใหญ่เกิดจากโดนกดเบียดจากสิ่งรอบข้างในทรวงอก เช่น tracheal/laryngeal atresia หรือ lung mass เป็นต้น

ตำแหน่ง (position)

- ยอดของหัวใจจะชี้ไปทางซ้าย
- แนวของ apex เอียงทำมุม 45 องศา กับแนวกลางของทรวงอก
- ventricle ขวาจะอยู่ชิดกับด้านหน้าของทรวงอก
- atrium ซ้ายอยู่ชิด descending aorta มากที่สุด เป็นความสัมพันธ์ที่เปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดไม่ว่าจะเป็นโรคใด ๆ
- 4CV ของหัวใจเป็นวิวที่เกือบจะเป็นวิวตัดขวางของทรวงอกที่ระดับซี่โครงคู่ที่ 4

Cardiac Axis

Cardiac Axis : แนวแกนของหัวใจถือแนวเส้นตาม interventricular septum ซึ่งเมื่อเทียบเคียงกับแนวหน้าหลังของทรวงอก (เส้นที่ลากจากกระดูกสันหลังไปยังกระดูก sternum จะทำมุมประมาณ 45 องศา^(13,14) ไปทางด้านซ้าย แต่อาจแปรปรวน ± 20 องศา

เทคนิคการตรวจแนวแกนหัวใจ (รูปที่ 5-7)

- ตรวจหา 4CV ที่เหมาะสมก่อน
- ลากเส้นแนวหน้า-หลัง โดยลากจากจุดกึ่งกลาง

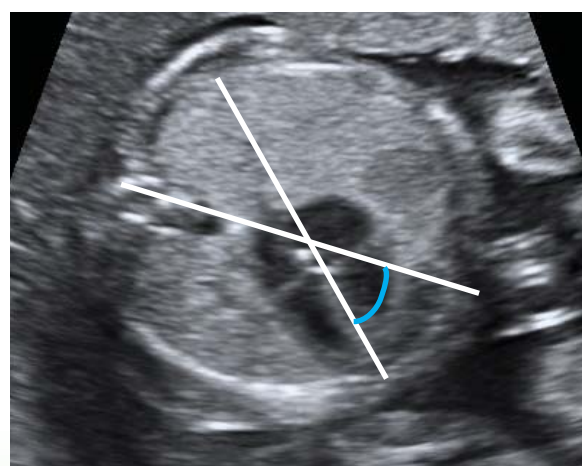
ของกระดูกสันหลังไปยังจุดกึ่งกลางของกระดูก sternum

- ลากเส้นผ่านกลาง interventricular septum ตัดกับเส้นแนวหน้า-หลัง มุมที่ทั้งสองเส้นตัดกันคือค่าแนวแกนของหัวใจ หรือ cardiac axis

การสังเกตแนวแกนหัวใจจะช่วยคัดกรองหรือสงสัยความผิดปกติของหัวใจได้มาก แกนที่เอียงไปทางซ้ายมากผิดปกติพบได้บ่อยในความพิการของ conotruncus ส่วนแกนที่โน้มเข้าหาแนวกลางตัว หรือค่อนข้างมากขึ้นจะพบได้บ่อยในกรณี heterotaxy, double outlet of right ventricle (DORV), atrioventricular septal defect (AVSD) หรือ common atrium เป็นต้น⁽¹⁵⁾ ในกรณี dextrocardia แนวแกนจะชี้ไปทางข้างขวา ในกรณีใส่ลิ้นแวนกระบังลมทางซีกซ้าย หัวใจมักจะถูกเบียดไปทางซีกขวา แต่แนวแกนหัวใจยังคงชี้ไปทางด้านซ้ายตามปกติ

ความผิดปกติ

- Dextrocardia : หัวใจอยู่ทางด้านขวาของทรวงอก และ apex ชี้ไปทางขวา อาจเกิดจาก ความผิดปกติกลับด้านของหัวใจทั้งหมด (situs inversus) หรือ complex congenital heart disease
- Mesocardia : หัวใจอยู่ตรงกลางของทรวงอก และ apex ชี้ไปทางแนวกลาง สัมพันธ์กับ complex congenital heart disease, hypoplasia ของปอดด้านขวา
- Dextroposition : หัวใจอยู่ทางด้านขวาของทรวงอก แต่ apex ชี้ไปทางซ้าย มักจะเกิดจากการมีก้อน



รูปที่ 5-7 แสดงตัวอย่างการวัดแนวแกนหัวใจ

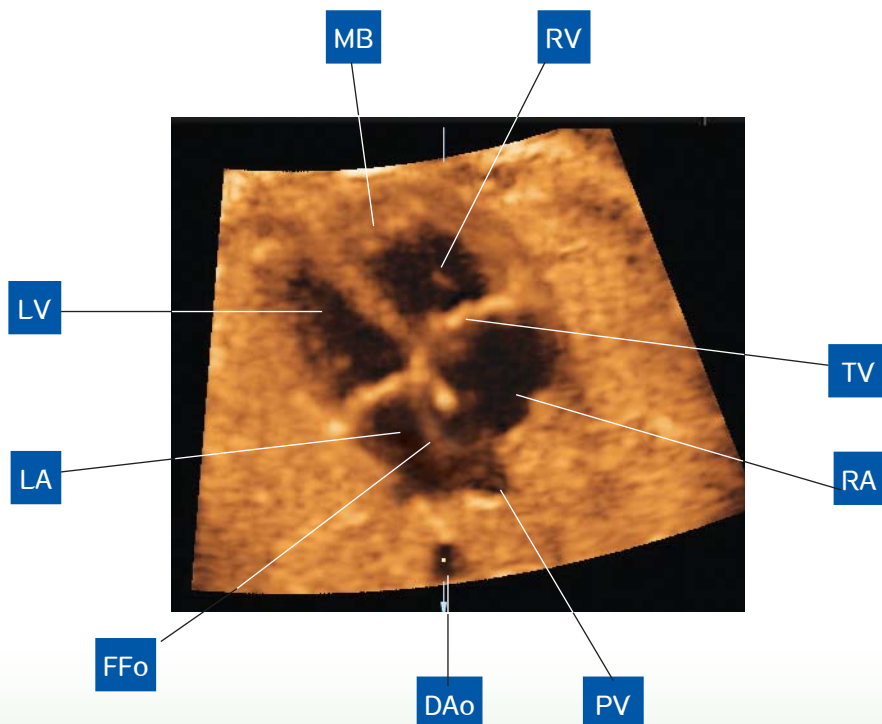
ในทรวงอกซีกซ้ายกดเบียด ซึ่งที่พบได้บ่อย ๆ คือ diaphragmatic hernia หรือ congenital cystic adenomatoid malformation (CCAM) ทางด้านซ้าย

- ในรายที่ levocardia มากกว่า 57 องศา จะพบความพิการของหัวใจแต่กำเนิดได้ร้อยละ 44 เช่น conotruncal heart diaphragmatic hernia หรือ congenital cystic adenomatoid malformation (CCAM) ทางด้านขวา

โครงสร้าง (structure) (รูปที่ 5-8,9)

เทคนิคในการบอกตำแหน่งของช่องหัวใจของทารกในครรภ์

- หาตำแหน่งกระดูกสันหลัง
 - descending aorta จะวางอยู่บนตำแหน่งกระดูกสันหลัง
 - sternum จะอยู่ตรงข้ามกับตำแหน่งกระดูกสันหลัง
 - atrium ซ้ายอยู่ใกล้ aorta
 - ventricle ขวาอยู่ด้านหน้า หรือติดต่อ sternum
- รายละเอียดของโครงสร้างที่ควรสังเกต
 - ขนาดของ atrium และ ventricle ทั้ง 2 ข้าง สมมาตรกันหรือไม่ (สาเหตุของช่องไม่สมมาตร : Coarctation or interruption of the aorta, Valvular atresia, stenosis or regurgitation, Tetralogy of Fallot, Premature closure of the ductus or foramen ovale, Endocardial fibroelastosis, Aneurysms and diverticula, Parachute mitral valve, Trisomy 18)
 - ความหนาของกล้ามเนื้อ ventricle ทั้ง 2 ข้างเท่ากัน
 - ความหนาของกล้ามเนื้อ ventricle เท่ากับความหนาของ interventricular septum
 - atrial septum, ventricular septum และ atrioventricular valve จะมาพบกันบริเวณกึ่งกลางของหัวใจ
 - atrial septum จะมีรูเปิดคือ foramen ovale ซึ่งจะเปิดเข้า left atrium ต้องดูการเปิด/ปิดของ flap
 - ventricular septum จะต้องไม่มีรูเปิดและต่อเนื่องโดยสมบูรณ์
 - ลิ้นหัวใจหน้าผดปกติ เข้มผดปกติ ตีบ ติดต่ำ
 - ลิ้นหัวใจใหญ่เกินไป (atrioventricular septal defect)



รูปที่ 5-8 | วิว 4CV ที่เป็นแบบฉบับของทารกปกติ (DAo : descending aorta; FFo : flap of foramen ovale; LA : Left atrium; LV : left ventricle, MB : moderator band, PV : pulmonary vein; RA : right atrium; RV : right ventricle; TV : tricuspid valve)





รูปที่ 5-9 วิว 4CV ที่เป็นแบบฉบับ ซึ่งลำเสียงตั้งฉากกับ interventricular septum และ flap of foramen ovale สังเกตว่าการประเมิน Atrioventricular (AV) valves จะทำได้ไม่ดีในวิธีนี้

- left atrium : Atrial septal aneurysm, premitral diaphragm
- right atrium : Eustachian valve, Chiari net, Thebesian valve
- ตำแหน่งของ ventricles (รูปลักษณะต่างกัน), จำนวนช่อง ventricles / atrium : AVSD, single ventricle, common atrium, hypoplasia, aplasia, tricuspid atresia, double inlets
- ช่องมากเกินไป : chiari network, Eustachian valve, septal aneurysm, pericardial cyst
- หัวใจโต : ทั้งหัวใจ (cardiomyopathies, high-output state) บางช่อง กล้ามเนื้อหัวใจหนา ช่องขยายเฉพาะที่ right atrium โต (Ebstein's anomaly, Uhl's anomaly, pulmonary atresia with regurgitation, ps with intact septum, premature closure of foramen ovale)
- Echogenicity ผิดปกติ
- Pericardial effusion

โครงสร้างของหัวใจที่เห็นจากวิธีนี้

หัวใจห้องบน (atrium) และล่าง (ventricle)

- มีขนาดของช่องว่างภายในและความหนาของกล้ามเนื้อหัวใจพอ ๆ กัน ทั้งด้านซ้ายและขวา ซึ่งสามารถประเมินด้วยตาเปล่า หรือ การวัดค่าที่แน่นอนได้
- ค่าที่ใช้วัดเพื่อประเมินได้แก่ ความกว้างและยาวของ atrium และ ventricle ความหนาของผนัง

กล้ามเนื้อหัวใจ และผนังกันห้อง

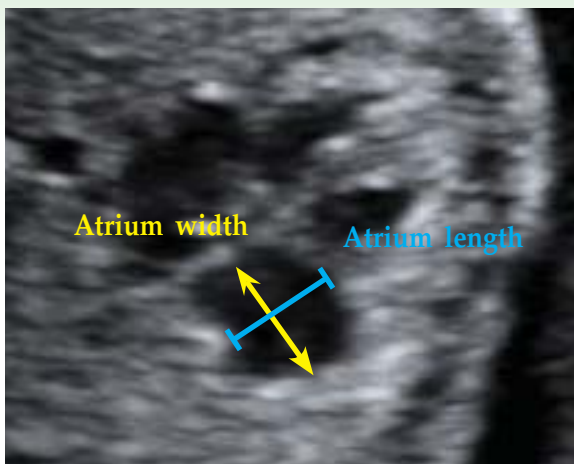
- การวัดความกว้างและความยาวของ atrium (atrium width, length) (รูปที่ 5-10)
 - ให้วัดในจังหวะบีบตัวเต็มที่ (end ventricular systole)
 - ความกว้าง : วัดจาก ขอบในของผนังด้านข้างมายัง atrial septum ในแนวกลาง
 - ความยาว : วัดจาก แนว AV valves ไปยังผนังด้านหลังของ atrium
- การวัดความกว้างและความยาวของ Ventricle (Ventricular width, length) (รูปที่ 5-11)
 - ให้วัดในจังหวะคลายตัวเต็มที่ (end ventricular diastole)
 - ความกว้าง : วัดจากขอบในของผนังด้านข้างมายัง interventricular septum ในแนวกลาง
 - ความยาว : วัดจาก แนว AV valves ไปยังผนังด้านหน้าของ ventricle

การวัดความกว้างและความยาวของ atrium และ ventricle มีผู้ทำการศึกษาไว้มาก แต่ส่วนใหญ่ใช้ค่าเฉลี่ยจากการศึกษาของ Tan J. และคณะ⁽¹⁶⁾ ในปี 1992 ในประเทศไทยก็มีการศึกษาของ Chanthasenanont A⁽¹⁷⁾ ในปี 2008 ศึกษาค่าเฉลี่ยของ cardiac diameter ในช่วง 16-39 สัปดาห์ เช่นกัน

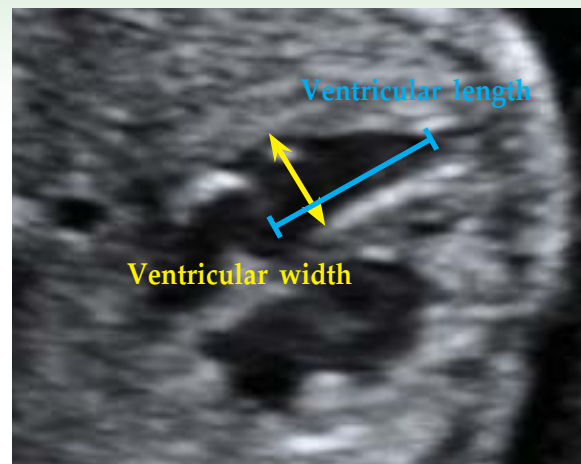
- อัตราส่วนความยาวของ atrium กับ ventricle (atrial-to-ventricular length, AVL ratio) คำนวณจากสูตร (รูปที่ 5-12)

$$AVL \text{ ratio} = (\text{heart length} - \text{ventricular length}) / \text{ventricular length}$$
 ความยาวทั้งหมดของหัวใจ (heart length) เป็นความยาวตามแนว interventricular septum จากขอบนอกของ epicardium ที่ apex มายังขอบในของ atrial endocardium ส่วนความยาวของ ventricle (ventricular length) เป็นความยาวตามแนว interventricular septum จากขอบนอกของ epicardium ที่ apex มายัง crux ตำแหน่งที่ยึดของ mitral valve

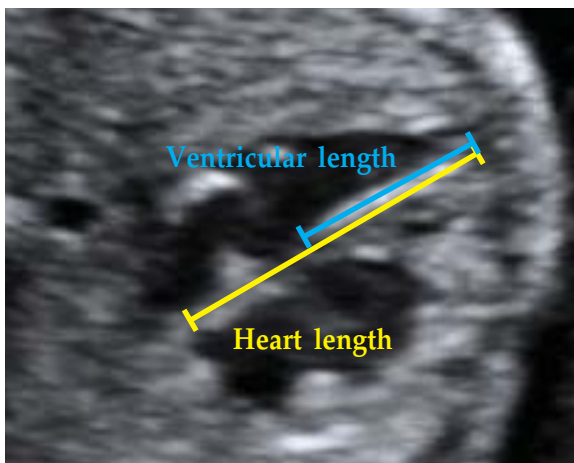
จากการศึกษาของ Machlitt A⁽¹⁸⁾ และคณะ ในปี 2004 พบว่า ค่าเฉลี่ยของ AVL ratio คือ 0.47 (0.35-0.63) ซึ่งคงที่ตลอดการตั้งครรภ์ ในรายที่เป็น atrioventricular septal defect (AVSD) ค่าจะมากกว่า 0.6 (detection rate 86.2% โดยที่ false positive rate 5.7%)



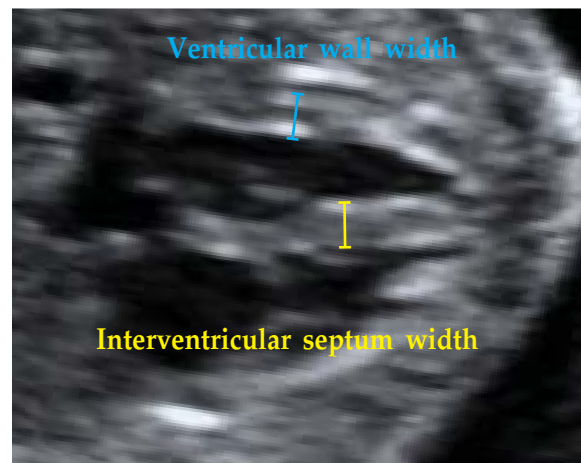
รูปที่ 5-10 ตัวอย่างการวัดความกว้างและความยาวของ atrium (atrium width, length)



รูปที่ 5-11 ตัวอย่างการวัดความกว้างและความยาวของ ventricle (ventricular width, length)



รูปที่ 5-12 ตัวอย่างการวัดความยาวของหัวใจทั้งหมดและ ventricle (heart length และ ventricular length)



รูปที่ 5-13 ตัวอย่างการวัดความหนาของผนังกล้ามเนื้อหัวใจห้องล่างและผนังกันหัวใจห้องล่าง (ventricular wall width และ Interventricular septal width)

- การวัดความหนาของผนังกล้ามเนื้อหัวใจห้องล่าง และ ความหนาของผนังกันหัวใจห้องล่าง (ventricular wall width และ interventricular septal width)⁽¹⁶⁾ (รูปที่ 5-13)
 - ให้วัดในจังหวะคลายตัวเต็มที่ (end ventricular diastole) และวัดในแนวเดียวกับ AV valves หรือแนวที่หนาที่สุด
 - Ventricular wall width : วัดจากขอบนอกมายังขอบในของผนัง
 - Interventricular septal width : วัดจากขอบด้านหนึ่งมายังขอบอีกด้านหนึ่ง

การศึกษาในโรงพยาบาลมหาสารคามนครเชียงใหม่ ทำการศึกษาและสร้างค่าอ้างอิงมาตรฐานของสัดส่วนต่าง ๆ ของหัวใจทารกในครรภ์ (จากจำนวน 657 ราย จากอายุครรภ์ 15-37 สัปดาห์) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินขนาดส่วนต่าง ๆ ของหัวใจโดยเฉพาะในรายที่สงสัยมีความผิดปกติ ซึ่งสามารถช่วยในการวินิจฉัยได้⁽¹⁹⁾

ผนังกันหัวใจห้องบน (atrial septum)

จะเห็น 3 ส่วนหลัก ส่วนแรกคือผนังกันที่ยื่นออกมาเล็กน้อยจากผนังด้านหลัง อยู่ไกลจาก apex มากที่สุด ส่วนที่สอง คือ foramen ovale และส่วนที่สาม



คือ ส่วนของ primum septum ที่หลงเหลืออยู่ โดยอยู่ระหว่าง foramen ovale กับ crux

Foramen ovale

- อยู่ตรงกลางของ atrial septum จะปิดในช่วงท้ายของ atrial systole ก่อนเปิดให้เลือดจาก right atrium ไหลเข้าไปใน left atrium ได้
- ถ้ามองจาก lateral view จะดูเล็กกว่า apical view
- ขนาดของรูเปิดจะเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของ aorta ในแต่ละอายุครรภ์
- **ข้อควรระวัง** : ถ้าเอียงหัวตรวจด้านซ้ายลงไปทางท้องเล็กน้อยจะเห็น coronary sinus แทรกระหว่าง left ventricle และ left atrium ซึ่งอาจทำให้บางคนเข้าใจผิดเป็น atrial septal defect ได้

Atrioventricular (AV) valves

ลิ้นหัวใจกันระหว่าง atrium ไปยัง ventricle ห้องขวา คือ Tricuspid valve และหัวใจห้องซ้าย คือ Mitral valve การประเมินจะยากเนื่องจากมีการเคลื่อนไหวตลอดเวลา และ valve มีขนาดเล็ก ดังนั้นควรสังเกตขณะที่ตรวจและควรย้อนดูภาพจาก cine loop ให้มีการเคลื่อนไหวที่ช้าลงจะทำให้ง่ายขึ้น สิ่งที่ต้องประเมินได้แก่

- การเปิดปิดของ valve ควรขยับได้อย่างอิสระ
- รูเปิดของ valve ควรมีความใกล้เคียงกันทั้งสองข้าง แต่รูเปิดของ tricuspid valve อาจใหญ่กว่าเล็กน้อย โดยเฉพาะช่วงใกล้คลอด สามารถดูได้ด้วยตาเปล่า หรือ วัดขนาดของรูเปิดจากภาพที่ระดับ valve ring ในจังหวะที่มีการคลายตัว

Crux

คือ จุดที่ผนังกันหัวใจห้องบนและห้องล่างมาเจอกัน และเป็นที่เกาะของ AV valves

- ตำแหน่งที่ tricuspid valve เกาะจะอยู่ต่ำหรือใกล้กับ apex มากกว่า mitral valve เล็กน้อย
- ตำแหน่งเกาะของ valves ที่เหลื่อมกัน จะเห็นเป็นช่องว่างหรือ “off-setting” แต่ไม่ใช่ septal defect

ผนังกันห้องหัวใจล่าง (ventricular septum)

- อยู่ตรงกลางระหว่างหัวใจทั้ง 2 ห้อง เห็นเป็นแนวยาวต่อเนื่องจาก apex มาถึง crux

ลักษณะภายในช่องหัวใจ

การแยก Right และ Left ventricle

(รูปที่ 5-14)

- ช่องว่างภายใน ventricle ข้างขวาจะน้อยกว่าข้างซ้าย
- ข้างขวาจะมี moderator band และ papillary muscle ที่ยึด tricuspid valve อยู่ แต่ข้างซ้ายไม่มี
- mitral valve จะยึดกับผนังโดยตรงอย่างเดียว ไม่มีกล้ามเนื้อคอยยึดทางด้านล่าง
- ข้างขวาอยู่ชิดกับผนังด้านหน้าของทรวงอกค่อนข้างไปทางขวา แต่ข้างซ้ายจะชี้ไปทางด้านหลังและอยู่ซ้ายกว่า

Descending aorta

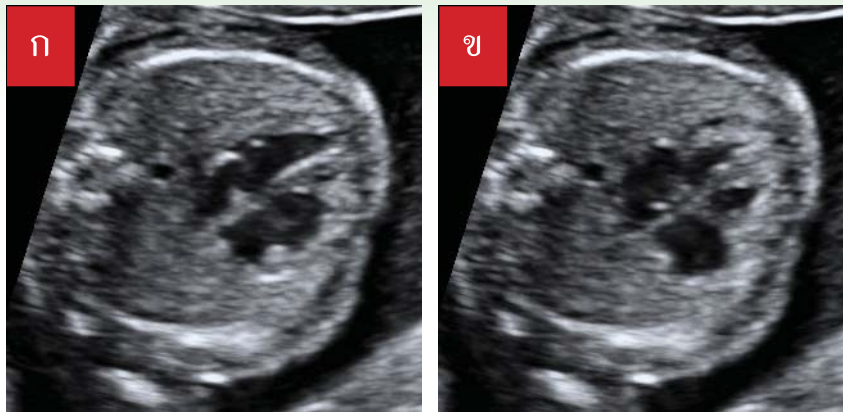
- เห็นเป็นเส้นเลือดที่ถูกตัดแนวขวาง อยู่ทางด้านหลัง ของ mediastinum ค่อนมาทางด้านซ้ายของ spine และหลังต่อ atrium ซ้าย

การเปิดของ pulmonary vein ที่เข้าสู่หัวใจห้องบนซ้าย

- Upper และ Lower pulmonary vein ที่มาจากปอดทั้งสองข้าง จะเปิดเข้า atrium ซ้ายทางด้านหลังคนละฟาก และจะเห็นอยู่ 2 ข้างของ descending aorta

น้ำในช่องเยื่อหุ้มหัวใจ (pericardial effusion)

ตามขอบนอกของ ventricle จะเห็นเป็นแนวเส้นสีดำบาง ๆ ที่ขยับตามการบีบตัวของหัวใจ เป็นน้ำหล่อลื่นที่ฉาบอยู่เพื่อลดแรงเสียดทานในการบีบตัวของหัวใจ จะเห็นได้ชัดใน lateral view มากกว่า apical view ส่วนใหญ่จะหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร^(20;21)



รูปที่ 5-14 วิว 4CV ขณะสิ้นสุดการคลายตัว (ก) และบีบตัว (ข) เต็มที่ สังเกตว่าตอนบีบตัว ขนาด ventricles ขนาดเล็ก และ atrium โป่งขยายเต็มที่

การทำงาน

การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อหัวใจ จะบีบและคลายตัวด้วยความแรงและจังหวะที่เท่ากัน ถ้าใส่ color flow จะเห็นปริมาณเลือดที่เข้าไปในช่องหัวใจเท่า ๆ กันทั้งสองข้าง ในจังหวะบีบตัว ไม่มีการไหลย้อนของเลือดจาก ventricle เข้ามาใน atrium และเลือดจะไหลจาก atrium ด้านขวาไปซ้าย โดยจะเห็นแผ่นกัน foramen ovale เปิดเข้าไปทางซ้าย

การทำงาน (cardiac function)

- แรงการบีบตัวของหัวใจเท่า ๆ กันทั้งสองข้าง และมีชีพจรสม่ำเสมอ
- atrioventricular valves จะปิดเมื่อหัวใจทาร์กบีบตัวแต่ละครั้ง เปิดปิดพร้อมกันทั้งสองข้าง

การบีบตัวของหัวใจ (contractility) : ในการตรวจคัดกรองปกติมักจะอาศัยการสังเกตการบีบตัวของหัวใจที่สม่ำเสมอ และมีความแรงหรือการหดตัวอย่างเหมาะสม โดยอาศัยประสบการณ์ของผู้ตรวจเป็นหลัก อย่างไรก็ตามเมื่อต้องการประเมินการทำงานของหัวใจอย่างละเอียดจะต้องทำการวัดอย่างถูกต้อง^(19,22) โดยการวัดความกว้างของช่อง ventricle ทั้งขวาและซ้าย ช่วง end-diastole ซึ่งเส้นผ่าศูนย์กลางหัวใจมีความกว้างมากที่สุด (end diastole diameter, EDD) และช่วง end-systole ซึ่งเป็นช่วงที่เส้นผ่าศูนย์กลางหัวใจมีความแคบมากที่สุด (end systole diameter, ESD) วัดจากขอบในของผนัง ventricle ส่วนที่กว้างสุดมาตั้งฉากกับแนว IVS ที่ขอบใน การลดลงของเส้นผ่าศูนย์กลางขณะบีบตัว

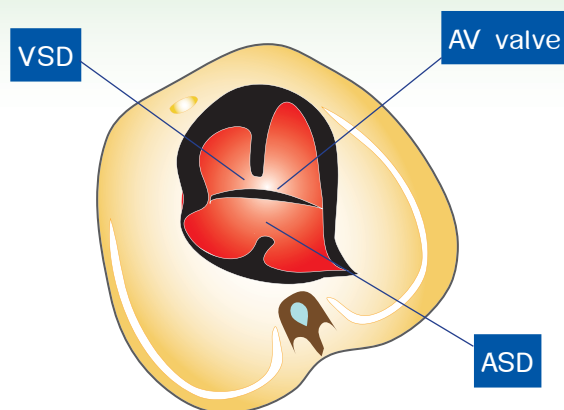
เรียกว่า ventricular fraction shortening (FS) ซึ่งเป็นค่าที่คำนวณตามสูตรคือ $(EDD - ESD) / EDD$ ซึ่งถ้าหัวใจทำงานปกติ คำนี้นควรจะมากกว่าร้อยละ 28⁽²²⁾ การวัดโดยอาศัย M-mode เปรียบเทียบกันในขณะที่หัวใจบีบตัวและคลายตัวก็สามารถทำได้เช่นเดียวกัน โดยตัดเส้น M-mode ผ่านตำแหน่งกว้างที่สุดของหัวใจ แต่อย่างไรก็ตามการตรวจ M-mode ในกรณีนี้ทำได้ยากกว่า 2D real-time cine loop เนื่องจากไม่สะดวกเสมอไปในการปรับให้เส้น M-mode ตั้งฉากพอดีกับแนว IVS เพราะขึ้นกับท่าของทารกและการเคลื่อนไหว การทำ cardio-STIC มาใช้ทำให้วัดได้ง่ายและแม่นยำมากขึ้น⁽¹⁹⁾ สามารถวัดได้ทั้ง M-mode และ 2D

จังหวะชีพจร (cardiac rhythm) : ในการคัดกรองปกติจะอาศัยการสังเกตความสม่ำเสมอของชีพจรจาก 2D real-time เป็นหลัก การตรวจให้ละเอียดอาจใช้ M-mode⁽⁵⁾ และ pulsed Doppler⁽²³⁾ มาช่วย ทำให้วินิจฉัยการเต้นผิดจังหวะ (arrhythmia) ได้ดีขึ้น การประเมินอาศัยการดูความสัมพันธ์ระหว่างการบีบตัวของ atrium และ ventricle ว่าเหมาะสมหรือไม่ ในการประเมินด้วย M-mode จึงต้องให้แนวเส้น M-mode ตัดผ่านทั้ง atrium และ ventricle เพื่อจะได้บันทึกการหดตัวของทั้งสองส่วนในเวลาเดียวกัน ในทารกที่ชีพจรปกติ การบีบตัวของ atrium จะเกิดนำหน้า ventricle และสม่ำเสมอ

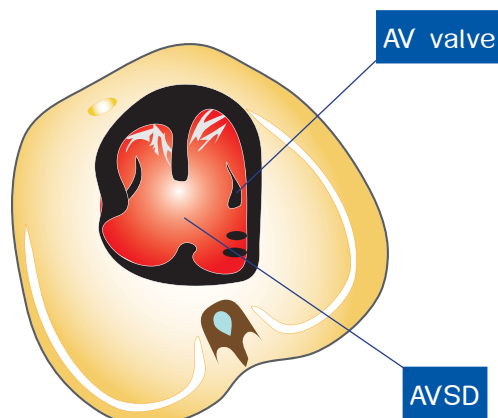
ตัวอย่างความผิดปกติของหัวใจ

รูปที่ 5-15 ถึงรูปที่ 5-38 ตัวอย่างความผิดปกติของหัวใจที่ตรวจพบจาก 4CV

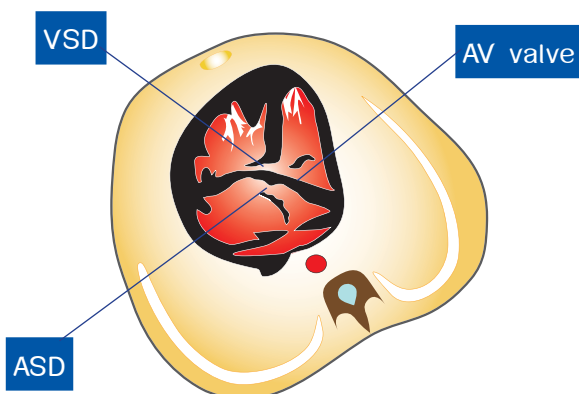




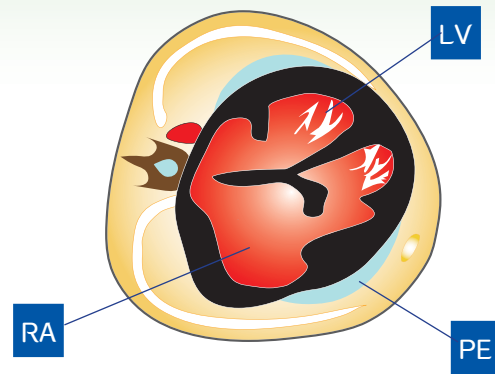
รูปที่ 5-15 4CV : Endocardial cushion defect (AVSD) ในจังหวะ systole แสดงการปิดของ atrioventricular (AV) valves ซึ่งเป็นลิ้นชุดเดียวที่มีขนาดใหญ่ แนวลิ้นทั้งสองข้างเป็นแนวเดียวกัน ไม่มี off-set และแสดง atrial septal defect (ASD) และ ventricular septal defect (VSD)



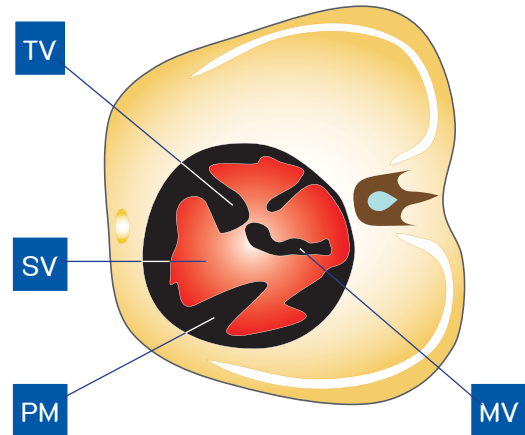
รูปที่ 5-16 4CV : Endocardial cushion defect (AVSD) (รายละเอียดกับรูปที่ 5-15) ในจังหวะ diastole แสดงการเปิดของ atrioventricular (AV) valves ซึ่งเปิดโล่งไปไม่เห็น crux ตรงกลาง แสดง AV-canal ที่เชื่อมต่อเป็นช่องเดียวกัน สังเกตขอบคมเข้ม (bright border) ของ interventricular septum ตามแบบฉบับของ ventricular septal defect



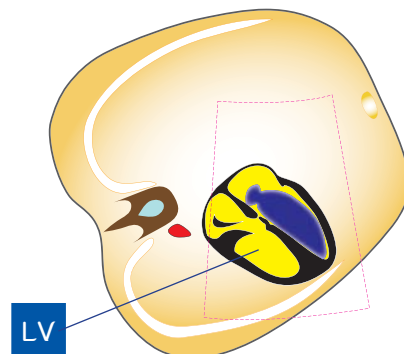
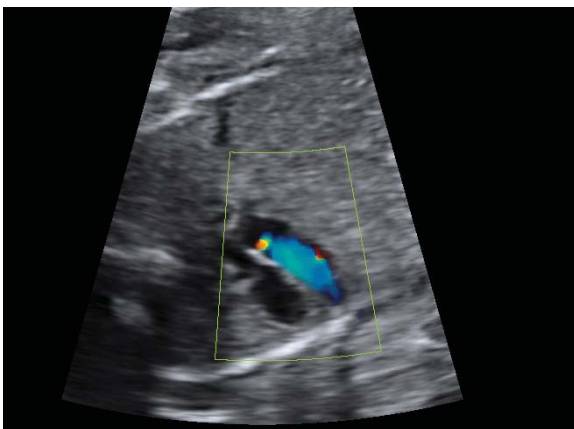
รูปที่ 5-17 4CV : Endocardial cushion defect (AVSD) ในจังหวะ systole แสดงการปิดของ atrioventricular (AV) valves ซึ่งเป็นลิ้นชุดเดียวที่มีขนาดใหญ่ แนวลิ้นทั้งสองข้างเป็นแนวเดียวกัน ไม่มี off-set และแสดง atrial septal defect (ASD) และ ventricular septal defect (VSD)



รูปที่ 5-18 4CV : Cardiomegaly ในทารกที่เป็นโรคฮีโมโกลบินบาร์ท ซึ่งขนาดหัวใจโตเกินเนื้อที่ส่วนใหญ่ของทรวงอก แต่โครงสร้างที่ระดับ 4CV ปกติ สังเกตมีน้ำในเยื่อหุ้มหัวใจ (PE=pericardial effusion, LV= left ventricle, RA = right atrium)

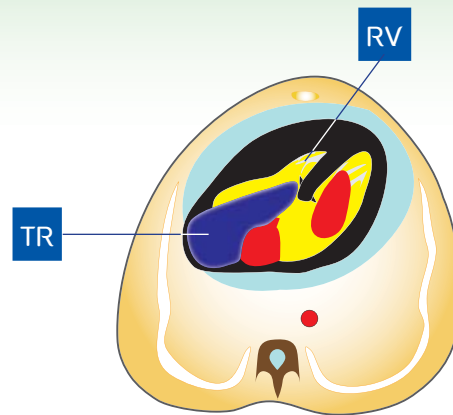


รูปที่ 5-19 4CV: Double inlet หัวใจขนาดโตขึ้น ส่วนของ ventricles ทั้งสองข้างรวมกันเป็นช่องเดียว แต่มี atrioventricular (AV) valves แยกกันสองชุด โดยมี interatrial septum แยก right atrium (RA) และ left atrium (LA) (SV=single ventricle, PM=papillary muscle)

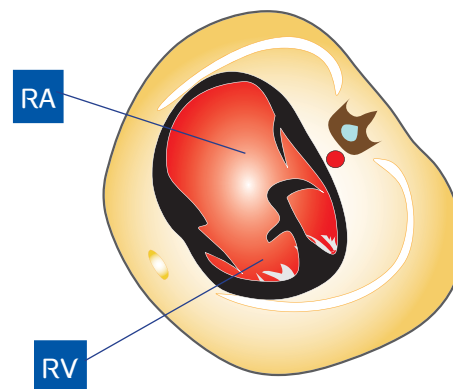
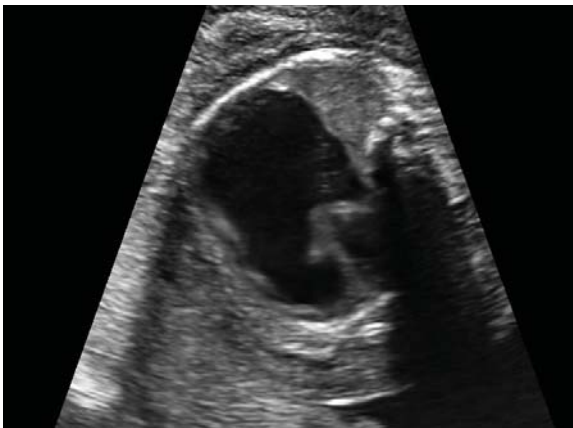


รูปที่ 5-20 4CV: Left heart hypoplasia หัวใจมี left axis deviation ขนาดช่อง ventricles ยังคงใกล้เคียงกันทั้งสองข้าง แต่ color flow mapping แสดงไม่มี high velocity flow ในซีกซ้ายเมื่อเทียบกับ flow ที่ปกติในซีกขวา (ในภาพ real-time พบการหดตัวน้อยมากของ left ventricle, LV)

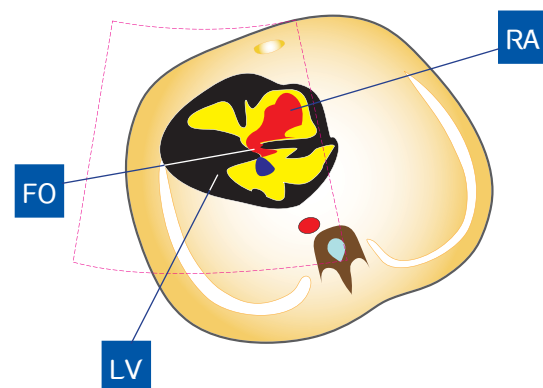




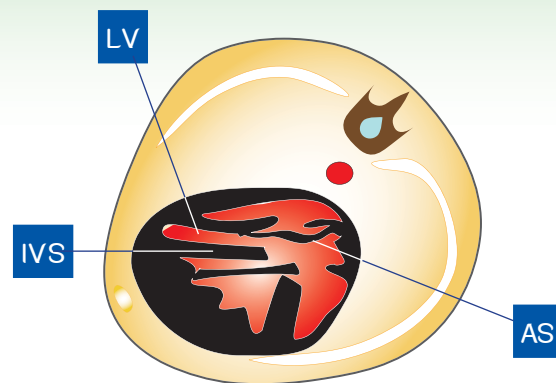
รูปที่ 5-21 4CV: color flow mapping แสดง holosystolic tricuspid regurgitation (TR) ในรายที่ทารกมี pulmonary stenosis (with intact interventricular septum) หัวใจห้อง left atrium โตขยายตามมา ทารกเริ่มมีภาวะบวม น้ำ ในภาพ นี้ได้แสดงน้ำในช่องทรวงอกด้วย (RV=right ventricle)



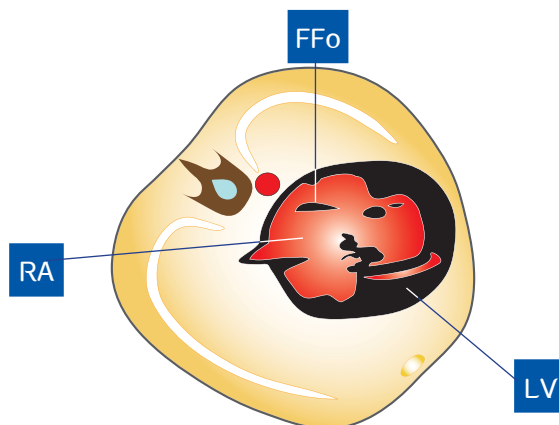
รูปที่ 5-22 4CV: Ebstein's anomaly หัวใจโตมาก right atrium(RA) โตเด่นมาก กินเนื้อที่ลึกลงมาใน right ventricle(RV) (atrialization) ลิ้น tricuspid (septal leaflet) อยู่ค่อนข้างไปทางยอดหัวใจมากกว่าปกติ



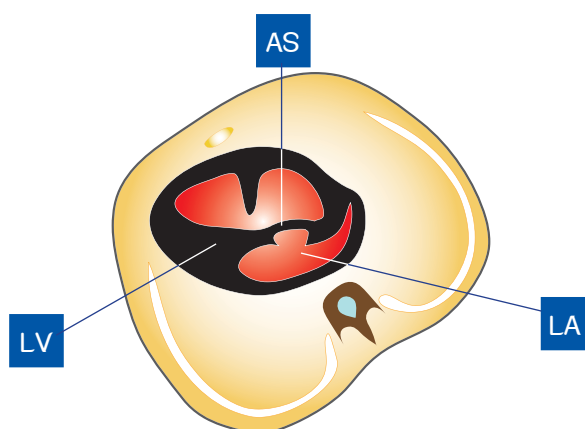
รูปที่ 5-23 4CV: color flow mapping ในราย mitral atresia ซึ่งแสดงการไหลเวียนเลือดย้อนกลับจาก left atrium(LA) มายัง right atrium(RA) ผ่านทาง foramen ovale(FO) ที่ระดับใกล้ crux



รูปที่ 5-24 4CV: หัวใจโตผิดปกติและขนาดผิดสัดส่วนของหัวใจซีกขวาและซ้าย ซีกซ้ายมีขนาดเล็กมาก (ใน *real-time* มีการหดตัวปกติ) แต่ซีกขวามี *hypertrophy* ในรายที่ทราบเป็น *aortic stenosis* (AS) (ไม่ได้แสดงเส้นเลือดใหญ่ในวินาที) (LV=left ventricle, IVS=interventricular septum)

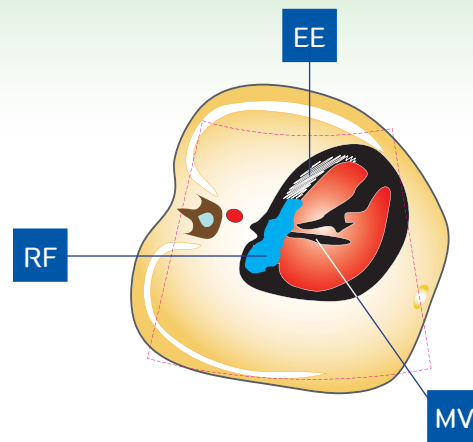


รูปที่ 5-25 4CV: หัวใจโตเล็กน้อย และขนาดผิดสัดส่วนของหัวใจซีกขวาและซ้าย *right ventricle* มีขนาดเล็กมาก (ใน *real-time* มีการหดตัวน้อย) ทารกมีภาวะ *tricuspid atresia* สังเกต *right atrium* (RA) ก็มีขนาดโตขึ้น *flap* ของ *foramen ovale* (FFo) ตีเปิดไปใน *left atrium* มากกว่าปกติ (LV=left ventricle)

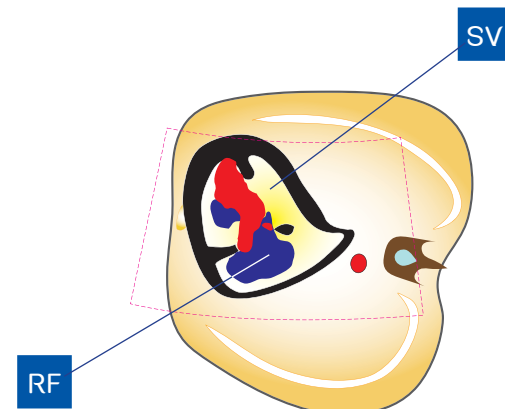


รูปที่ 5-26 4CV: *left ventricle* (LV) ฝ่อแทบไม่เห็นช่องว่างภายใน *left atrium* (LA) โตขึ้น มีแรงดันผลัก *interatrial septum* (AS) ไปงอเข้าไปใน *right atrium* ทารกเป็น *mitral atresia* (รายละเอียดกับรูปที่ 5-9)

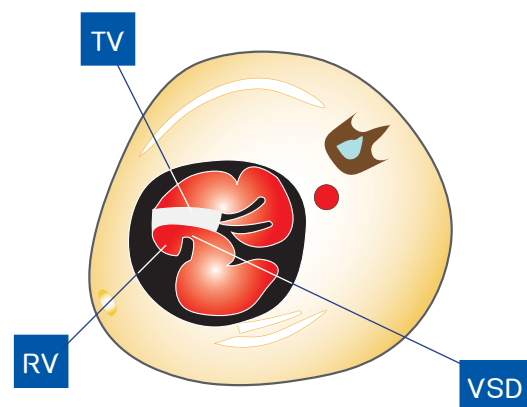




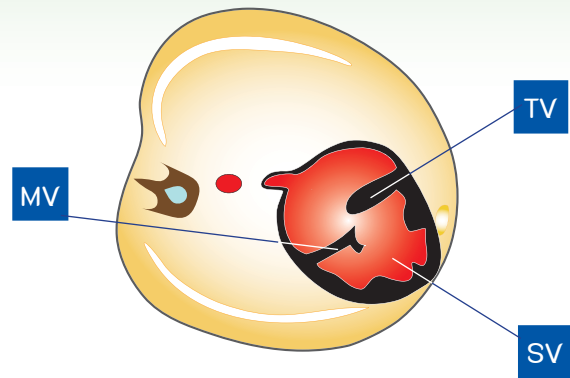
รูปที่ 5-27 4CV: color flow mapping ที่ high-flow setting แสดง mitral regurgitation ในทารกที่เป็น hypoplastic left heart syndrome (ในภาพ real-time มีการหดตัวของ left ventricle ไม่ดี) สังเกตมี echogenic endocardium(EE) ของ left ventricle ซึ่งพบได้บ่อยใน hypoplastic left heart syndrome (RF=reversed flow, MV=mitral valve)



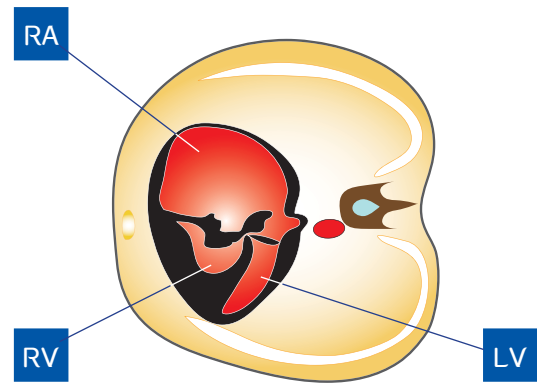
รูปที่ 5-28 4CV: color flow mapping แสดง holosystolic atrioventricular valve regurgitation ในทารกที่เป็น single ventricle (SV) ของทารกที่เป็น double inlet (RF=reversed flow)



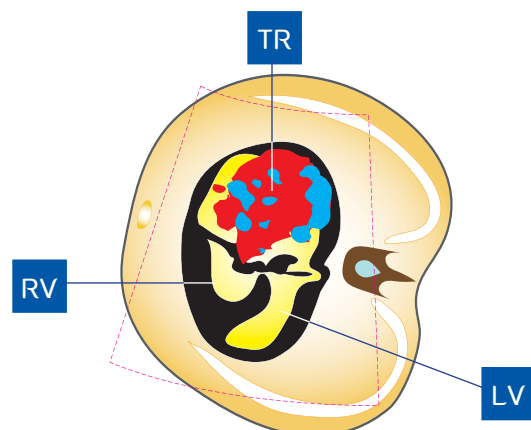
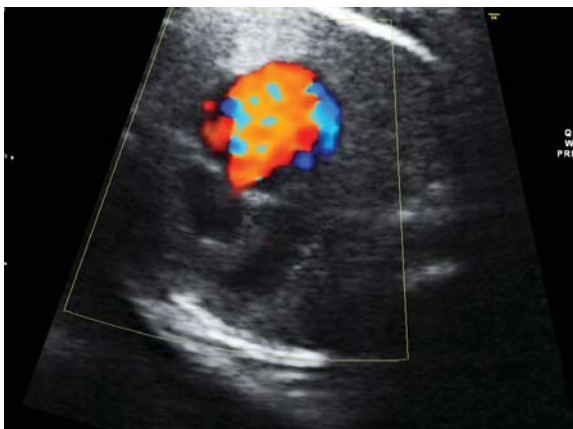
รูปที่ 5-29 4CV: tricuspid valve (TV) หนาและเข้ม right ventricle (RV) ขนาดเล็กมาก มี ventricular septal defect (VSD) เชื่อมต่อกับซีกซ้าย ในทารกที่เป็น tricuspid atresia (ในภาพ real-time ไม่มีการปิดเปิดของ TV แต่มีการปิดเปิดปกติของ mitral valve, MV) flap ของ foramen ovale ตีเปิดไปไกลใน left atrium



รูปที่ 5-30 4CV: Single ventricle (SV) ของทารกที่เป็น double inlets พบมีการหนาตัวและขาวเข้มของ tricuspid valve(TV) มีทางเข้าสองทาง แต่ทางขวา (TV) ทำงานน้อยมาก เลือดใน ventricle มีแรงดันให้ TV ไปงอกลับเข้ามาใน right atrium ทางหลักของเลือดไหลจาก right atrium เข้าสู่ left atrium และลง ventricle เป็นหลัก (MV=mitral valve)

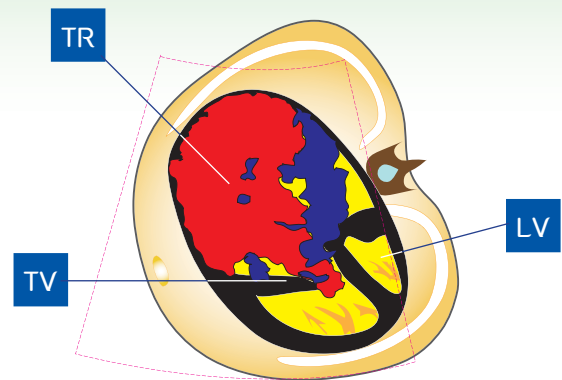


รูปที่ 5-31 4CV ของทารกที่มี pulmonary stenosis มีเลือดไหลผ่านซีกขวาน้อย ช่อง right ventricle(RV) ขนาดเล็ก แต่มีการหนาตัว การปิดเปิดของ tricuspid valve เป็นปกติ(ในภาพ real-time)(RA=right atrium, LV=left ventricle)

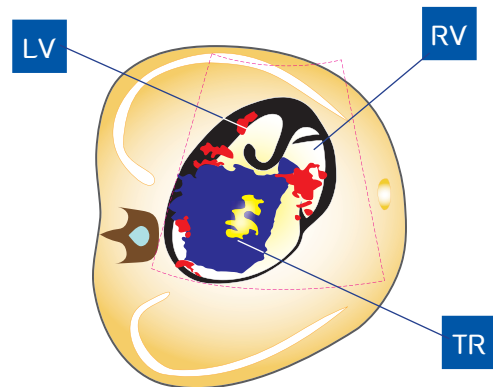
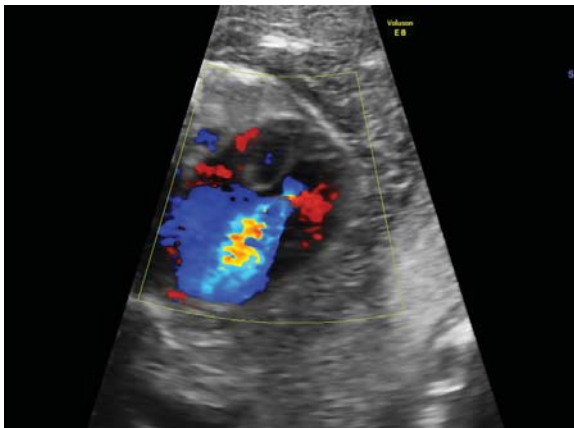


รูปที่ 5-32 4CV แสดง right atrium ที่มีขนาดใหญ่มาก และ color flow mapping แสดง tricuspid regurgitation (TR) ที่รุนแรง ในราย tricuspid insufficiency ซึ่ง tricuspid valve ติดในตำแหน่งปกติ และ right ventricle(RV) ก็มีขนาดปกติ (LV=left ventricle)

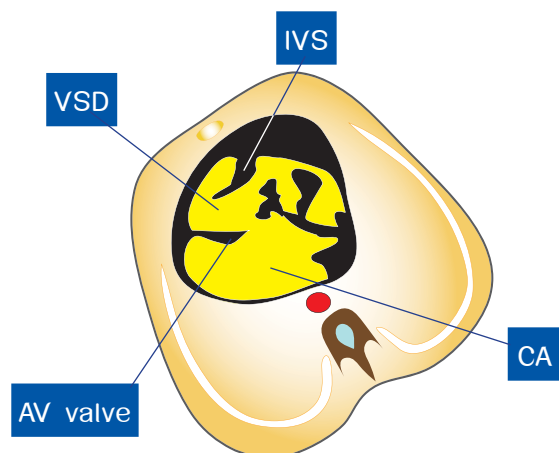




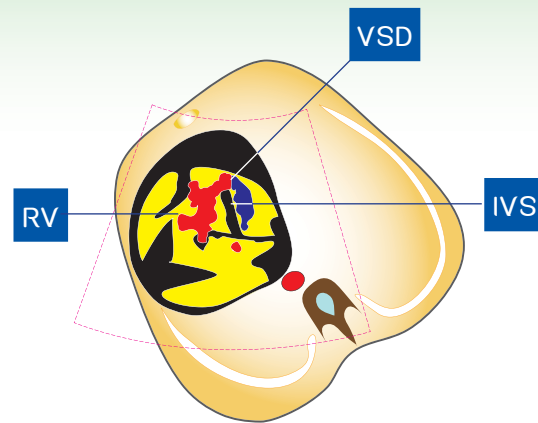
รูปที่ 5-33 4CV หัวใจโตมาก ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการโตผิดปกติของ right atrium แนวแกนหัวใจผิดปกติ (left axis deviation) และ color flow mapping แสดง tricuspid regurgitation (TR) ที่รุนแรง และหมอนวนอยู่ใน right atrium ทารกเป็น Ebstein's anomaly ซึ่ง tricuspid valve (TV) ด้าน septal leaflet ติดต่ำกว่าปกติ (LV=left ventricle)



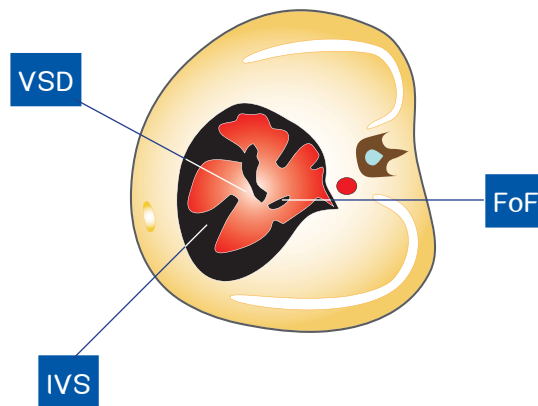
รูปที่ 5-34 4CV แสดง right atrium ที่มีขนาดใหญ่มาก และ color flow mapping แสดง tricuspid regurgitation (TR) ที่รุนแรง ในราย tricuspid insufficiency ซึ่ง tricuspid valve ติดในตำแหน่งปกติ และ right ventricle (RV) ก็มีขนาดปกติ (LV=left ventricle)



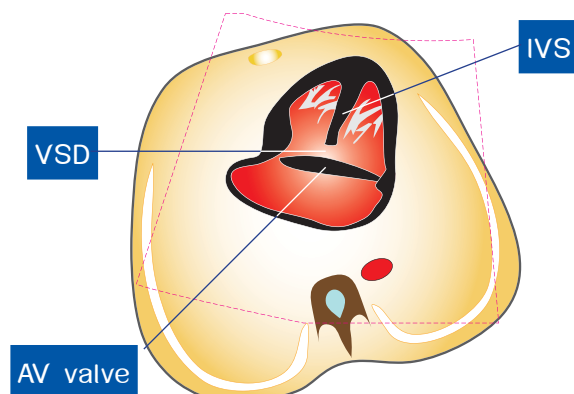
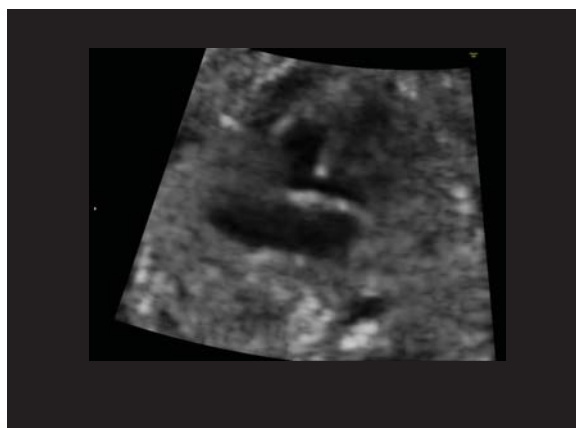
รูปที่ 5-35 4CV แสดง atrioventricular (AV) canal (endocardial cushion defect) มี severe ventricular septal defect (VSD) และ common atrium (CA) (IVS=interventricular septum)



รูปที่ 5-36 4CV color flow mapping แสดง muscular ventricular septal defect (VSD) ที่ตำแหน่งใกล้ยอดหัวใจ ขนาดช่องหัวใจผิดสัดส่วน ชีงซ้ายมีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับชีงขวา (IVS=interventricular septum, RV=right ventricle)



รูปที่ 5-37 4CV แสดง inlet ventricular septal defect (VSD) ที่เป็นแบบฉบับของ T-sign ขอบคมเข้มของ interventricular septum (IVS) (bright border) (FoF=flap foramen ovale)



รูปที่ 5-38 4CV ที่เป็นแบบฉบับของ endocardial cushion defect ในจังหวะ systole แสดงการปิดของ atrioventricular (AV) valves ซึ่งเป็นลิ้นชุดเดียวที่มีขนาดใหญ่ แนวลิ้นทั้งสองข้างเป็นแนวเดียวกัน ไม่มี off-set และแสดง atrial septal defect (ASD) และ ventricular septal defect (VSD) (IVS= interventricular septum)



เอกสารอ้างอิง

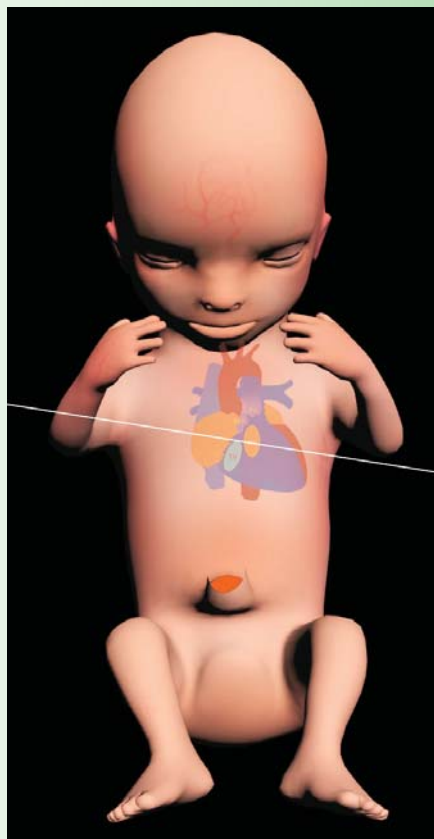
- 1) AIUM practice guideline for the performance of fetal echocardiography. J Ultrasound Med 2011 Jan;30(1):127-36.
- 2) Cordes TM, O'Leary PW, Seward JB, Hagler DJ. Distinguishing right from left: a standardized technique for fetal echocardiography. J Am Soc Echocardiogr 1994 Jan;7(1):47-53.
- 3) Bronshtein M, Gover A, Zimmer EZ. Sonographic definition of the fetal situs. Obstet Gynecol 2002 Jun;99(6):1129-30.
- 4) DeVore GR. Fetal echocardiography : Gold Plus edition. 2010.
- 5) Allan LD, Anderson RH, Sullivan ID, Campbell S, Holt DW, Tynan M. Evaluation of fetal arrhythmias by echocardiography. Br Heart J 1983 Sep;50(3):240-5.
- 6) Abuhamad A, Chaoui R. A practical guide to fetal echocardiography : normal and abnormal hearts. 2 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010.
- 7) Allan LD, Cook AC, Huggon IC. Fetal Echocardiography: A Practical Guide. London: Cambridge University Press; 2009.
- 8) Paladini D, Chita SK, Allan LD. Prenatal measurement of cardiothoracic ratio in evaluation of heart disease. Arch Dis Child 1990 Jan;65(1 Spec No):20-3.
- 9) Traisrisilp K, Tongprasert F, Srisupundit K, Luewan S, Tongsong T. Reference ranges for the fetal cardiac circumference derived by cardio-spatiotemporal image correlation from 14 to 40 weeks' gestation. J Ultrasound Med 2011 Sep;30(9):1191-6.
- 10) Paladini D, Chita SK, Allan LD. Prenatal measurement of cardiothoracic ratio in evaluation of heart disease. Arch Dis Child 1990 Jan;65(1 Spec No):20-3.
- 11) Tongsong T, Tatiyapornkul T. Cardiothoracic ratio in the first half of pregnancy. J Clin Ultrasound 2004 May;32(4):186-9.
- 12) Tongsong T, Wanapirak C, Sirichotiyakul S, Chanprapaph P. Sonographic markers of hemoglobin Bart disease at midpregnancy. J Ultrasound Med 2004 Jan;23(1):49-55.
- 13) Smith RS, Comstock CH, Kirk JS, Lee W. Ultrasonographic left cardiac axis deviation: a marker for fetal anomalies. Obstet Gynecol 1995 Feb;85(2):187-91.
- 14) Comstock CH. Normal fetal heart axis and position. Obstet Gynecol 1987 Aug;70(2):255-9.
- 15) Jeanty P, Pilu G, Romero R. Fetal Echocardiography Part 1 : CD-ROM. 2001.
- 16) Tan J, Silverman NH, Hoffman JI, Villegas M, Schmidt KG. Cardiac dimensions determined by cross-sectional echocardiography in the normal human fetus from 18 weeks to term. Am J Cardiol 1992 Dec 1;70(18):1459-67.
- 17) Chanthasenont A, Somprasit C, Pongrojapaw D. Nomograms of the fetal heart between 16 and 39 weeks of gestation. J Med Assoc Thai 2008 Dec;91(12):1774-8.
- 18) Machlitt A, Heling KS, Chaoui R. Increased cardiac atrial-to-ventricular length ratio in the fetal four-chamber view: a new marker for atrioventricular septal defects. Ultrasound Obstet Gynecol 2004 Nov;24(6):618-22.
- 19) Luewan S, Yanase Y, Tongprasert F, Srisupundit K, Tongsong T. Fetal cardiac dimensions at 14-40 weeks' gestation obtained using cardio-STIC-M. Ultrasound Obstet Gynecol 2011 Apr;37(4):416-22.
- 20) Dizon-Townson DS, Dildy GA, Clark SL. A prospective evaluation of fetal pericardial fluid in 506 second-trimester low-risk pregnancies. Obstet Gynecol 1997 Dec;90(6):958-61.
- 21) Jeanty P, Romero R, Hobbins JC. Fetal pericardial fluid: a normal finding of the second half of gestation. Am J Obstet Gynecol 1984 Jul 1;149(5):529-32.
- 22) Huhta JC. Guidelines for the evaluation of heart failure in the fetus with or without hydrops. Pediatr Cardiol 2004 May;25(3):274-86.
- 23) Steinfeld L, Rappaport HL, Rossbach HC, Martinez E. Diagnosis of fetal arrhythmias using echocardiographic and Doppler techniques. J Am Coll Cardiol 1986 Dec;8(6):1425-33.



บทที่ 6

วิวหัวใจห้าห้อง

Five-Chamber View



■	วิวสำคัญที่ต้องการตรวจ.....	77
	<i>LVOT (long-axis view: ascending aorta).....</i>	<i>77</i>
	<i>RVOT (long-axis view: main pulmonary artery).....</i>	<i>77</i>
■	เทคนิคการตรวจ LVOT / RVOT.....	81
■	การวิเคราะห์ great arteries	84
■	ข้อควรพิจารณา.....	85
■	เคล็ดลับ:.....	86
■	ตัวอย่างความผิดปกติของหัวใจ	86
■	เอกสารอ้างอิง.....	96



ในบทนี้จะเน้นถึงการตรวจเส้นเลือด LVOT / RVOT (left / right ventricular outflow tract) ซึ่งเป็นเฟลนสำคัญที่ AIUM แนะนำให้ตรวจ⁽¹⁾ (รูปที่ 6-1)

Five-chamber view หมายถึงวิวที่แสดงให้เห็นหัวใจทั้งสี่ห้องและรวมถึงช่องที่ห้า คือ ventricular outflow tract / ascending aorta แต่ในที่นี้จะเน้นทางออกของหัวใจทั้งสองข้าง ลิ้นหลอดเลือดใหญ่ พร้อมทั้งเส้นเลือดใหญ่ส่วนต้นที่ออกจากหัวใจ มี 2 เส้น ได้แก่ pulmonary artery และ aorta

วิวสำคัญที่ต้องการตรวจ

LVOT (ascending aorta)

เริ่มต้นจาก 4 chamber view ให้ หมุนหัวตรวจไปทางด้านศีรษะเด็ก โดยเอียงไปหาไหล่ข้างขวา⁽²⁾ จะเริ่มเห็น long axis view ของ proximal aorta ให้สังเกตว่า ผนังด้านหน้าของ aorta จะต่อเนื่องกันไปกับ interventricular septum ส่วนผนังด้านหลังก็จะต่อเนื่องกันไปกับ anterior leaflet ของ mitral valve ให้วัดขนาดของหลอดเลือดในระดับที่เห็น valve นี้ ซึ่ง aorta จะเล็กกว่า pulmonary เล็กน้อย การตรวจด้วยคลื่นเสียง Doppler จะช่วยประเมินการทำงานของ valve ถ้าวาง sample volume ระดับใต้ต่อ valve ใช้ตรวจหา aortic insufficiency แต่ถ้าเหนือต่อ valve จะบอกภาวะ aortic stenosis ได้ดี ร่วมกับการใช้ color Doppler อาจเห็นลักษณะของรูปคลื่นเสียงที่ผิดปกติได้ และสามารถนำมาใช้ในการตรวจภาวะ arrhythmia ได้อีกด้วย โดยการเปิด sample volume ให้กว้างโดยอยู่ระหว่าง mitral และ aortic valves จะตรวจการไหลเวียนของเลือดที่เข้า

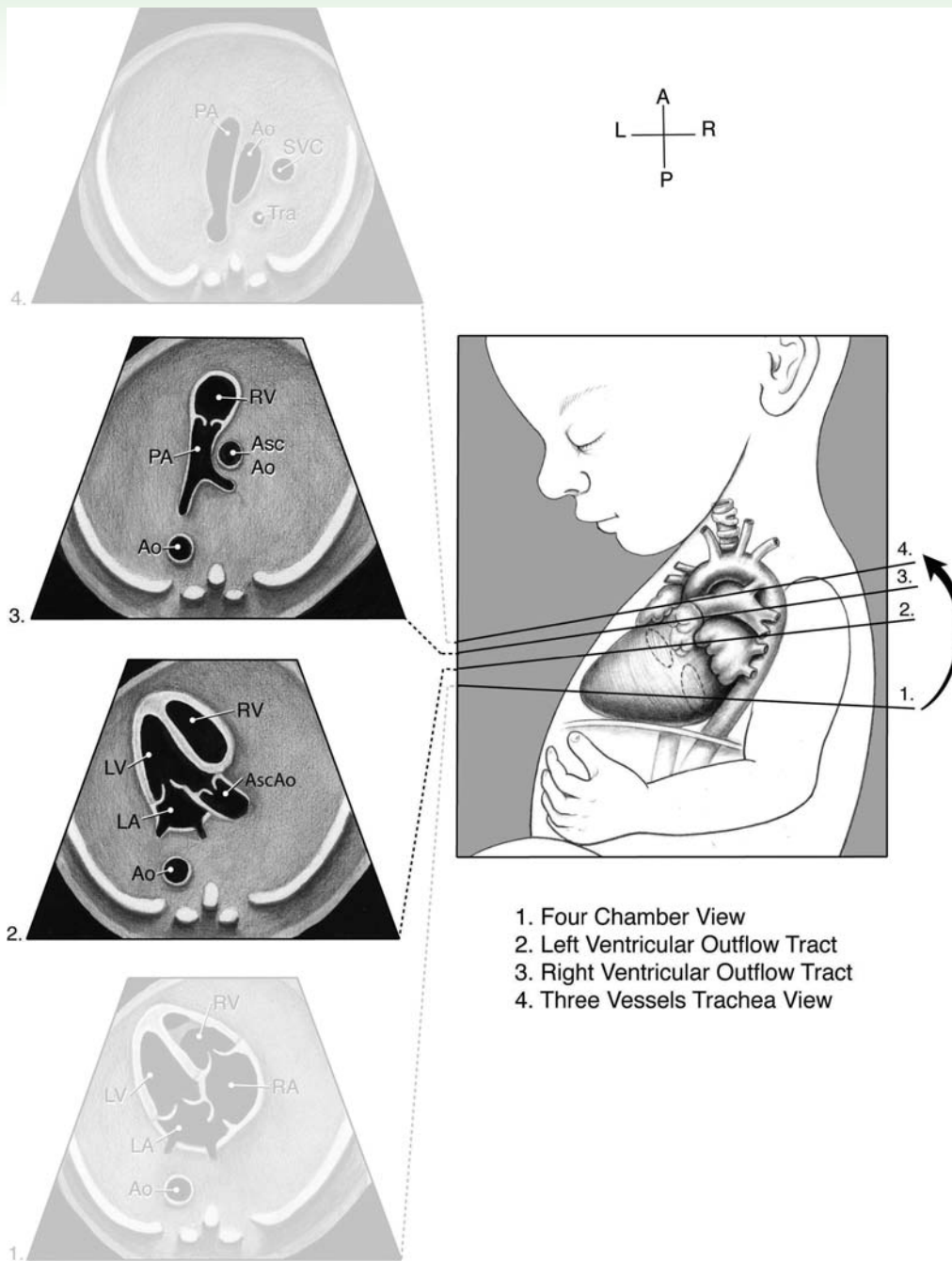
และออกจาก left ventricle ได้ ลักษณะคลื่นเสียงที่ผ่าน mitral valve จะบอกถึงจังหวะของ atrium ในขณะที่คลื่นเสียงที่ผ่าน aortic valve จะบอกถึงการตอบสนองของ ventricle ต่อคลื่นไฟฟ้าที่ผ่านจาก sinoatrial (SA) node มายัง atrioventricular (AV) node (รูปที่ 6-2)

สรุป

- ผนังด้านหน้าต่อเนื่องไปจาก interventricular septum
- ผนังด้านหลังต่อเนื่องไปกับ anterior leaflet ของ mitral valve
- ดู interventricular septum ที่ต่อกับ aorta ถ้าไม่ต่อเนื่องกัน แสดงว่ามี ventricular septal defect ชนิด subaortic
- Pulse Doppler ใช้ประเมินการทำงาน ควรตรวจที่ตำแหน่งเหนือและใต้ต่อ valve
- ในรายที่สงสัย arrhythmia ให้ตรวจด้วย pulse Doppler โดยวาง sample volume คร่อมระหว่าง aortic valve และ mitral valve

RVOT (main pulmonary artery)

เริ่มต้นจาก 4 chamber view ให้ หมุนหัวตรวจไปทางด้านศีรษะเด็ก โดยเอียงไปหาไหล่ข้างขวาสูงต่อเลยไปจาก LVOT จะเห็น pulmonary artery พุ่งขึ้นไปด้านบนซ้าย⁽²⁾ ออกมาจาก right ventricle ไขว้กับ aorta เรียกการไขว้กันนี้ว่า criss-cross การวัดขนาดของหลอดเลือดให้ทำในระดับที่เห็น pulmonic valve ซึ่งค่าจะสัมพันธ์กับอายุครรภ์ การตรวจด้วยคลื่นเสียง Doppler จะช่วยประเมินการทำงานของ valve ได้ (รูปที่ 6-3, 4)

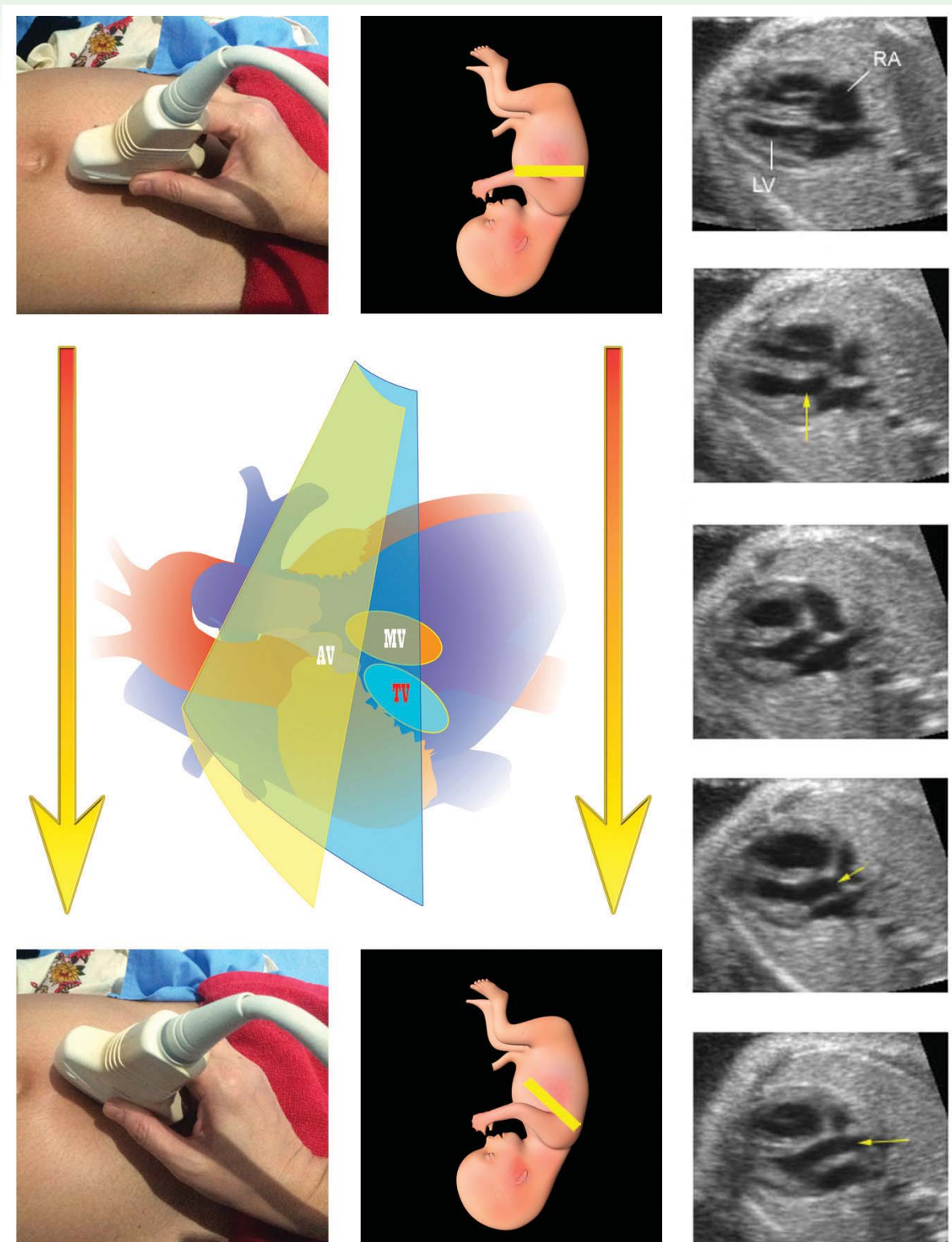


รูปที่ 6-1 ภาพแสดงวิวัฒนาการในการตรวจหัวใจทารกในครรภ์ (fetal echocardiography) : เน้น five-chamber view (5CV) Ao; descending aorta, Asc Ao; ascending aorta, LA; left atrium, LV; left ventricle, PA; pulmonary artery, RA; right atrium, RV; right ventricle; and Tra; trachea (ที่มา : AIUM practice guideline for the performance of fetal echocardiography. J Ultrasound Med 2011 Jan;30(1):127-36.)

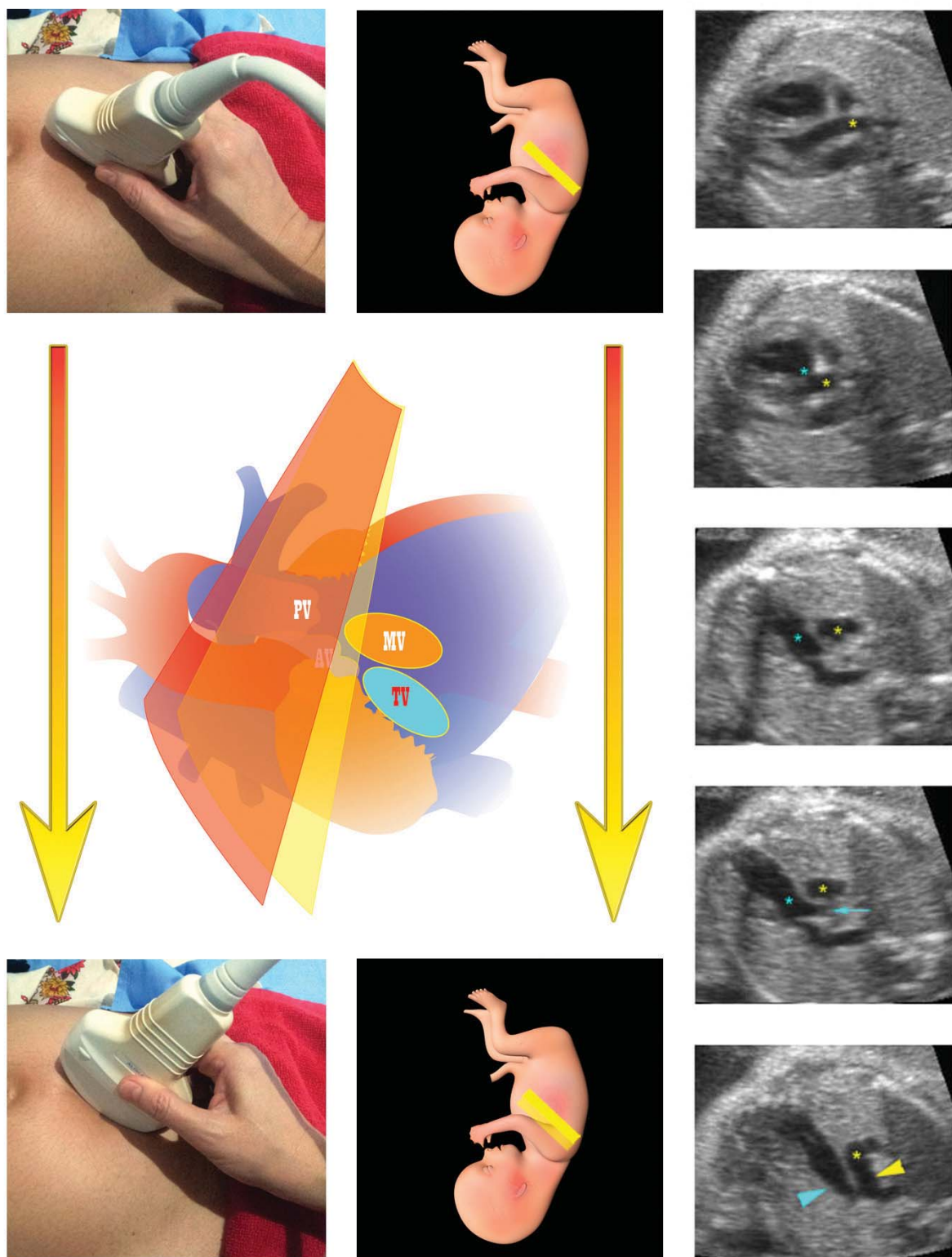
สรุป

- ผนังของ pulmonary artery จะต่อเนื่องไปจาก right ventricle
- Pulse Doppler ใช้ประเมินการทำงาน ควรตรวจที่ตำแหน่งเหนือและใต้กว่า valve





รูปที่ 6-2 เทคนิคการตรวจหา 5CV (left ventricular outflow tract) จาก 4CV ที่ปรับให้แนว interventricular septum ขนานกับแนวราบไว้แล้ว แสดงการหมุน (rotate) หัวตรวจด้านที่ชี้ไปทางด้านหลังของทารกให้เฉียงขึ้นไปทางศีรษะหรือหัวไหล่ของทารก



รูปที่ 6-3 เทคนิคการการตรวจหา right ventricular outflow tract จาก left ventricular outflow tract แสดงการเอียง (tilt / angulate) หัวตรวจขึ้นไปทางด้านศีรษะทารก

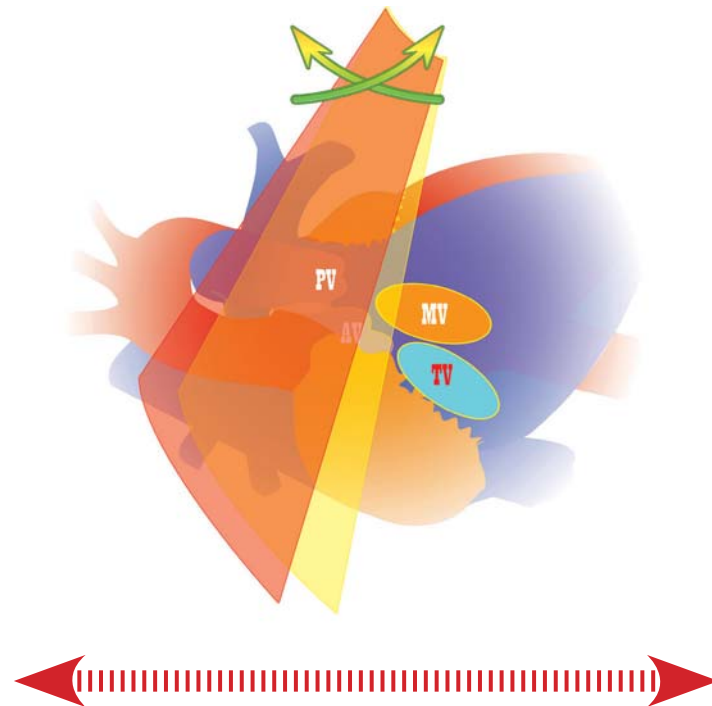


เทคนิคการตรวจ LVOT / RVOT

ส่วนประกอบสำคัญของเทคนิคในการตรวจ⁽²⁾

1. ตรวจหาทิศทางของหัวใจทารก (fetal situs)
2. ตรวจหาตำแหน่งของ four chamber view
3. ตรวจหา five chamber view เพื่อดูเส้นเลือดที่
4. ตรวจหา right ventricular outflow tract (RVOT) เพื่อดูเส้นเลือด pulmonary artery ทอดออกจาก right ventricle โดยการเอียง (tilt) หัวตรวจมาทางด้านหน้าของทารก

ออกจาก left ventricle (left ventricular outflow tract) โดยการเอียงหัวตรวจหรือหมุนหัวตรวจด้านที่ชิดกับผู้ตรวจไปทางศีรษะทารก

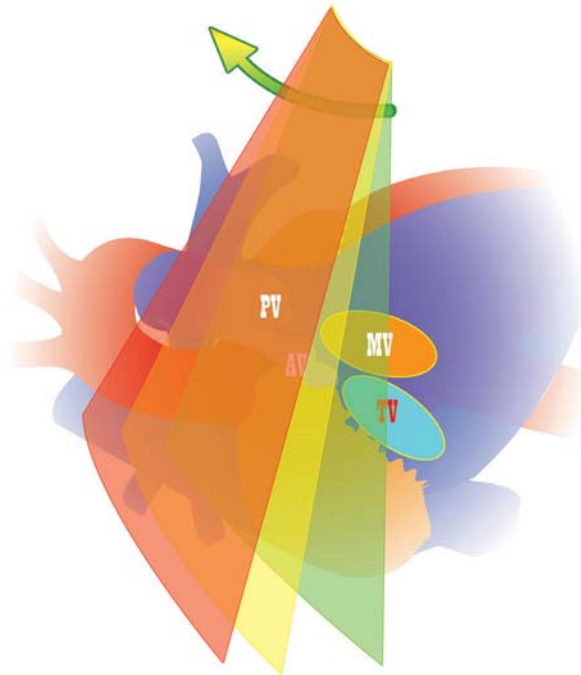


รูปที่ 6-4 เทคนิคการตรวจแสดงกลับปม (criss-cross) ในการแสดงภาพที่เป็นแบบฉบับของ 5CV ระหว่าง left ventricular outflow tract / ascending aorta (รูปขวา) และ right ventricular outflow tract / pulmonary artery (รูปซ้าย)

เคล็ดลับ:

สำหรับผู้ที่มีประสบการณ์สูงย่อมสามารถหมุนปรับหัวตรวจจาก 4CV เป็น 5CV ได้ง่าย ปรับไปหาวิวที่ต้องการตรวจได้โดยไม่ต้องใช้ทฤษฎีใด ๆ แต่อย่างไรก็ตามสำหรับผู้ที่กำลังฝึกฝนเพื่อมีความชำนาญควรยึดปฏิบัติตามขั้นตอนอย่างมีระบบ ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงแนวทางการปฏิบัติดังกล่าว⁽²⁾ (รูปที่ 6-5)

- จาก 4CV ปรับให้เป็น 4CV ที่สมบูรณ์ตามเกณฑ์ และเลื่อนหัวตรวจด้านข้าง (slide) อาจร่วมกับ กดหัวตรวจด้านข้าง (rock) เพื่อให้ 4CV อยู่กลางจอ (keep center)
- เทคนิคสำคัญในการหาวิวนี้ คือ จาก 4CV พยายาม slide / rock ปรับหัวตรวจ ซึ่งอาจต้องเลื่อนออกไปทางด้านข้างเพื่อดึงภาพเอา



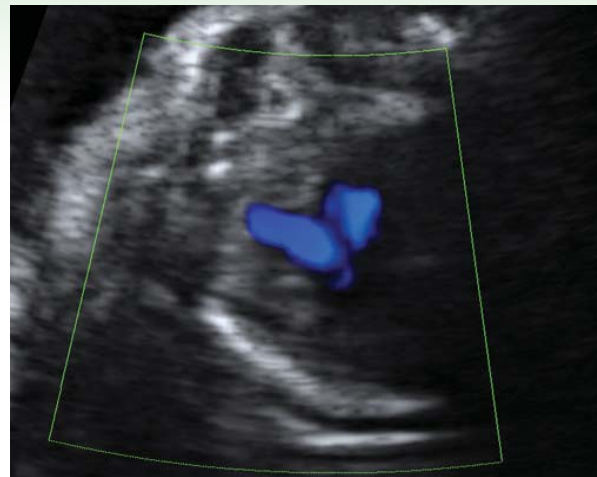
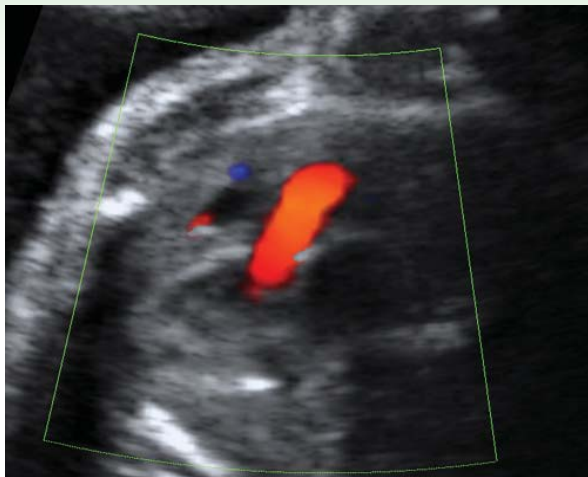
Pulmonary Artery

Aortic Root

Four-Chamber View

รูปที่ 6-5 เทคนิคการตรวจหา 5CV จาก 4CV โดย sweeping โดยการเอียงขึ้นไปทางศีรษะเด็ก (หรือเลื่อนขึ้นเล็กน้อยในระนาบตัดขวางทรวงอก) ซึ่งในที่นี้ได้มีการปรับ 4CV ให้ interventricular septum ขนานกับแนวราบ (ซึ่งอาจทำได้ในบางกรณี) สามารถแสดง left และ right ventricular outflow tract ได้เช่นกัน แต่จะไม่เห็นแนวของ left outflow tract, aortic root และ ascending aorta ต่อเนื่องกันเป็นแนวยาว การแสดงแนวต่อเนื่อง (continuity) ของผนังกันแยกซ้ายขวาที่ระดับ outflow tract จึงไม่สมบูรณ์ในภาพเดียวกัน





รูปที่ 6-6 ภาพ color flow mapping แสดง criss-cross ทิศทางการไหลเวียนเลือดของ left ventricular outflow tract / ascending aorta (รูปซ้าย) และ right ventricular outflow tract / pulmonary artery (รูปขวา)

แนวของ interventricular septum ให้ขนานกับแนวราบ (ตั้งฉากกับลำเสียง) ถ้าเป็นไปได้ให้ทำขั้นตอนนี้ก่อนทุกครั้ง และดึงให้ภาพดังกล่าวมาอยู่กลางจอ

- จากนั้นให้บิดหัวตรวจ (rotate) ให้ด้านที่ชี้ไปด้านหลังของทารกเคลื่อนขยับขึ้นไปทางด้านหัวไหล่ทารกประมาณ 30-40 องศา ในขณะที่บิดหัวตรวจนี้พยายามรักษาภาพ left ventricle ไว้ในจอตลอดเวลา ขณะที่บิดจะเห็นแนว LVOT ทอดออกจาก left ventricle ที่ตำแหน่งด้านในของ crux ซึ่งถือเป็นการแสดง 5CV โดยช่องที่ 5 ก็คือ LVOT ที่กำลังทอดต่อเนื่องออกไปเป็น aortic root ปรับหัวตรวจเล็กน้อยให้เห็นแนวยาวอย่างต่อเนื่องของ aorta ซึ่งทอดยาวจากกลางหัวใจออกข้ามไปทางซีกขวา การบิดขยับนี้จะต้องจับหัวตรวจมั่นคงและเลื่อนในองศาเล็กน้อย ๆ เนื่องจากหัวใจทารกมีขนาดเล็ก เอียงหัวตรวจเล็กน้อยก็มีผลกวาดไปหลายอวัยวะในทรวงอกได้ ปรับจนได้ภาพตามแบบฉบับของ 5CV

- จากวิธีนี้เอียงหัวตรวจไปทางด้านศีรษะทารก (ไม่ต้องเลื่อนหัวตรวจ) ก็จะเห็นแนว pulmonary trunk ออกมาจาก right ventricle ทอดไขว้ aortic root มาทางซีกซ้าย การเอียงนี้สามารถเอียงกลับปามาให้เห็น aortic root และ pulmonary trunk (อยู่หน้า) กลับปามาเรียกว่า criss-cross action (รูปที่ 6-6)

- ในขณะที่หมุนปรับไปมานั้นให้สังเกตตำแหน่งของ ventricle ซ้ายไว้ตลอด ข้อนี้มีความสำคัญมาก

วิธีนี้จะให้ภาพซึ่งประกอบด้วย ventricle ซ้าย ส่วนต้นของ aortic arch บางส่วนของ ventricle ขวา และ atrium ซ้าย ส่วนของ aorta ในวิธีนี้อาจจะแปรปรวนได้บ้าง

วิธีนี้มีประโยชน์ในการประเมินขนาดของ aorta และ interventricular septum ส่วน membranous portion ให้สังเกตว่าเส้นเลือดที่วิ่งออกจาก ventricle ซ้ายนี้เป็น aorta และ aortic arch ซึ่งถ้าปรับหัวตรวจเล็กน้อยจะเห็นแขนงของเส้นเลือดที่แตกไปเลี้ยงศีรษะ (brachiocephalic trunk, left common carotid และ left subclavian artery)

วิธีนี้ช่วยในการวินิจฉัยในหลายโรค ได้แก่ transposition of great arteries, tetralogy of Fallot และ truncus arteriosus ประมาณร้อยละ 85 ของหัวใจพิการโดยกำเนิด ตรวจพบจากการตรวจด้วย four-chamber view และ long-axis view⁽³⁾ ในการตรวจวิธีนี้แต่ละครั้งควรตั้งคำถามดังนี้⁽⁴⁾

1. ความสัมพันธ์ของ aorta กับ pulmonary artery ปกติหรือไม่ ? (criss-cross relation)
2. ขนาดของ aorta และ pulmonary artery แตกต่างกันหรือไม่ ?
3. aorta และ pulmonary artery มีความสัมพันธ์ปกติกับ interventricular septum หรือไม่ ?

การวิเคราะห์ great arteries

1. ขนาด (size)

โดยปกติขนาดของ pulmonary artery จะใหญ่กว่า aorta เล็กน้อย สามารถประเมินได้ด้วยตาเปล่า หรือวัดขนาดของเส้นเลือดก็ได้ ถ้าจะวัดขนาดต้องวัดในช่วง diastole ที่ระดับของ valve ในช่วงอายุครรภ์ 12 สัปดาห์ ขนาดจะยังไม่ต่างกัน แต่หลังอายุครรภ์ 16 สัปดาห์ pulmonary artery จะเริ่มใหญ่กว่า aorta เล็กน้อยไปจนถึงหลังคลอด ในกรณีที่ต้องการเปรียบเทียบขนาดให้แน่นอนอาจจะวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นเลือดใหญ่ทั้งสองที่ระดับ annulus ของ valves เทียบกับค่าอ้างอิงมาตรฐานที่ศึกษากันมาก่อนแล้ว ซึ่งมีการศึกษาในคนไทยด้วย⁽⁵⁾ (รูปที่ 6-7)

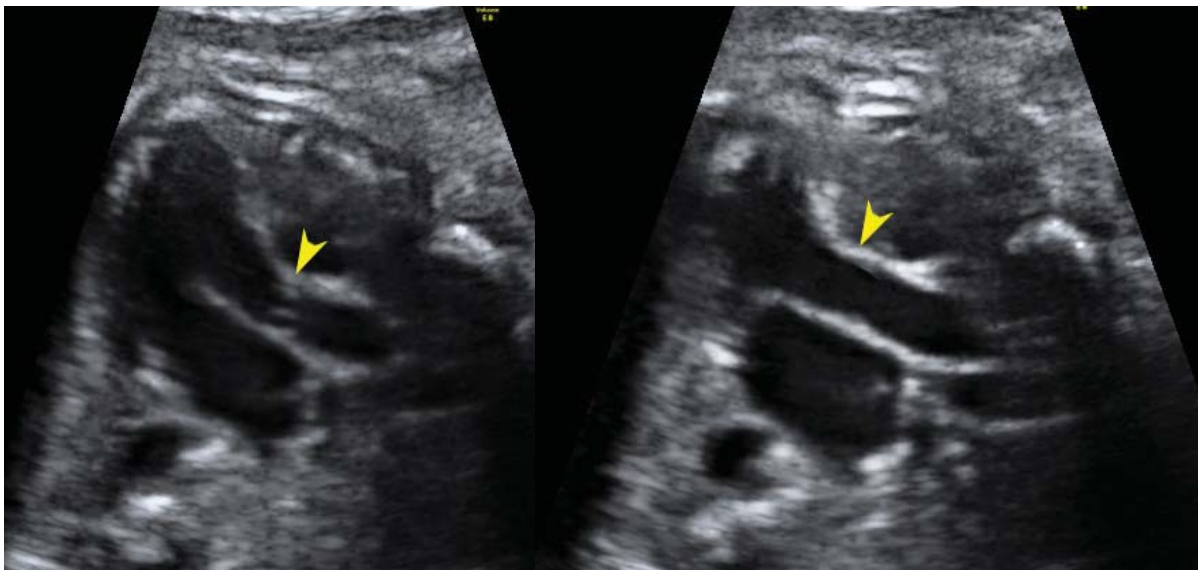
2. ตำแหน่ง (position)

เลื่อนหัวตรวจจาก 4CV ไปทางด้านศีรษะทารก เส้นเลือดใหญ่อันแรกๆ ที่เห็น คือ aorta และ pulmonary artery ตามลำดับ โดย pulmonary trunk จะทอดข้าม aorta จะเห็นว่า pulmonary valve จะอยู่สูงไปทางด้านซ้ายของ aortic valve แต่เมื่อ aorta โค้งขึ้นเป็น aortic arch จะอยู่สูงกว่า ductal arch ที่แยกมาจาก pulmonary trunk

3. โครงสร้าง

จากภาพอัลตราซาวด์ที่ aorta จะมี valves บาง ๆ 2 ข้าง ก่อนที่จะต่อไปเป็น ascending aorta และ aortic arch และจะแตกแขนงไปส่วนต่าง ๆ โดยแขนงแรกของ aorta คือ coronary artery ซึ่งมีขนาดเล็กมาก ทำให้ไม่ค่อยเห็นถ้าไม่ได้ตั้งใจจะหาจริง ๆ แต่แขนงแรกที่จะเห็นได้โดยง่าย คือ neck vessel ที่แยกขึ้นไปเลี้ยงส่วนคอ โดยจะเห็นตรงทางขึ้นเป็น arch แต่จะไม่เห็นใน transverse view ต่างจาก pulmonary artery ที่จะแตกแขนงเป็น right และ left pulmonary artery เพื่อเข้าไปยังปอดสองข้าง จะเห็นได้ใน transverse view และ arterial duct หรือ ductal arch จะยื่นต่อเนื่องไปจาก pulmonary artery เพื่อเปิดเข้า descending aorta ส่วนต้น ที่ต่อเนื่องจาก transverse aortic arch ซึ่งใน transverse view นี้ ส่วนใหญ่จะเห็นแต่ arterial duct และ right pulmonary artery แต่ left pulmonary artery จะไม่ค่อยเห็นยกเว้นใส่ color flow

เมื่อเส้นเลือด aorta และ arterial duct มารวมกันและเข้าสู่ descending aorta จะเห็นเป็นรูปตัว “V” โดยมุมล่างของตัว V คือ descending aorta ที่บริเวณด้าน posterior ของทรวงอก ขาขวาของตัว V คือ pulmonary trunk ส่วนขาซ้าย คือ aorta



รูปที่ 6-7 Aortic valve annulus: สังเกตจังหวะการคลายตัวของหัวใจ (รูปซ้าย) มีการปิดของ aortic valves ในขณะที่มีการบีบตัวจะมีการเปิดหมด โดยเส้นแนบสนิทไปกับผนังหลอดเลือดจนเห็น outflow tract ต่อเนื่องไปกับ ascending aorta เป็นท่อนเดียวกันโดยสมบูรณ์โดยไม่เห็น valve leaflets



รายละเอียดในโครงสร้างที่ควรให้ความสำคัญ

- aorta ขนาดเล็ก (atresia, tubular hypoplasia, coarctation)
- pulmonary artery ขนาดเล็ก (TOF, PS, truncus arteriosus)
- aorta และ pulmonary artery ออกขนานกัน (DORV, TGA)
- เส้นเลือดเชื่อมต่อนผิดปกติ (TAPVR, truncus arteriosus, TGA, interrupted arch, DORV, TOF)

4. การทำงาน (function)

Valve สามารถเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ แต่ในช่วง systole จะไม่เห็นเนื่องจากจะแนบไปกับผนังของ aorta ส่วนความเร็วของการไหลเวียน จะเพิ่มขึ้นตลอดการตั้งครรภ์ จาก 30 ซม./วินาที ที่อายุครรภ์ 12 สัปดาห์ จะเพิ่มขึ้นถึง 1 ม./วินาที เมื่ออายุครรภ์ครบกำหนด โดยการไหลเวียนใน aorta จะเร็วกว่า pulmonary artery ดังนั้นในภาวะปกติ ไม่ควรเห็นการไหลย้อนกลับของเลือดที่เรียกว่า regurgitation ทิศทางการไหลเวียนของเส้นเลือดใหญ่ทั้งสองเส้นควรไปทางเดียวกัน คือ เข้าหา spine

ข้อควรพิจารณา

- Five-chamber view (5CV) : เป็นเพลนที่อยู่เหนือระดับ 4CV ขึ้นไปเล็กน้อย ช่องที่ห้าของหัวใจหมายถึง left ventricular outflow tract (LVOT) ซึ่งต่อเนื่องไปกับ aortic valves และ ascending aorta ส่วนของ LVOT เน้นส่วนที่อยู่ใต้ต่อ valve สำหรับ aortic root หรือ ascending aorta เป็นส่วนที่ต่อเนื่องไปจาก valve ในเพลนนี้จะเห็นแฉ่งหรือท่อทางออกปรากฏแทรกขึ้นระหว่าง atrioventricular valves ทั้งสองข้าง โดยกำเนิดจากทาง left ventricle มีทิศทางขึ้นขึ้นและออกไปทางขวา
- รายละเอียดในภาพ 2D ของ 5CV จะเริ่มต้นด้วยการเห็นแฉ่งหรือท่อจาก left ventricle ขึ้นแทรกอยู่ระหว่าง atrium ทั้งสองข้าง จะเห็นหัวใจซีกซ้ายได้ชัดเจนกว่า สามารถเห็น pulmonary vein ได้ไม่ยาก สำหรับซีกขวาจะเห็นส่วนหน้าของ right ventricle ส่วน right

atrium จะไม่แสดงให้เห็นเต็มที่ในเพลนนี้ แต่สามารถปรับให้เห็น superior vena cava ได้เช่นกัน การเปิดปิดของ tricuspid valves จะไม่เห็นชัดในเพลนนี้ แต่ mitral valves จะเห็นได้ดีกว่า ในขณะที่ left ventricle เห็นแทบทุกส่วน (inlet, trabecular, outlet) ส่วน descending aorta จะเห็นแทรกอยู่ระหว่าง left atrium กับกระดุกสันหลัง

- 5CV ที่เกิดจากการ sweep หรือขยับ/เอียงหัวตรวจจาก 4CV ขึ้นไปทางศีรษะเด็กโดยไม่คำนึงว่า interventricular septum จะอยู่ในแนวราบหรือไม่ (ไม่คำนึงว่าเป็น apical หรือ transverse 4CV) มักจะเห็นช่องที่ 5 ส่วน LVOT ที่ไม่เป็นลำยาวที่ทอดออกจาก left ventricle อย่างสวยงามไปเป็น aorta กล่าวอีกนัยหนึ่งทำให้ได้ 5CV แต่อาจไม่ได้ Long axis view ของ LVOT / aortic root ดังนั้นถ้าเป็นไปได้หลังจากได้ 4CV ตามแบบฉบับแล้ว ควรเลื่อนและกด (slide/ rock) หัวตรวจที่หน้าท้องมารดาเพื่อจัดให้ลำเสี่ยงตั้งฉากกับแนว interventricular septum เสียก่อนแล้วค่อยบิด (rotate) หัวตรวจทางด้านไหล่ขวาของทารกขึ้นไปทางศีรษะทารกเล็กน้อย จะเห็นแนวยาวของ ascending aorta ทอดยาวออกจาก LVOT
- LV long-axis view : อาจจัดเป็น variation ของ 5CV ปรับบิดหัวตรวจจาก 5CV เล็กน้อยให้ตัดแนวเฉียงทรวงอกทารก หรือเห็นท่อ ascending aorta เป็นลำยาวต่อเนื่องจาก LVOT มากขึ้น ถ้าเริ่มต้นจาก apical 4CV อาจจะบิดไปราว 90 องศา วิวนี้จะเห็นหัวใจซีกซ้ายทุกส่วน inflow, outflow และ ascending aorta เพลนนี้เมื่อจัดลำเสี่ยงให้ตั้งฉาก (หรือใกล้เคียง) กับผนัง ascending aorta จะทำให้การประเมิน subarterial VSD ได้ดีกว่า 5CV ปกติ
- Criss-cross action: การเอียงหัวตรวจ (tilt) จาก 5CV มาด้านหน้าของทารกและเอียงหัวตรวจกลับไปมาเพื่อแสดง RVOT / pulmonary artery และ LVOT / aorta ดังกล่าวข้างต้นนั้นสามารถแสดงกลับไปกลับมาได้เพียงด้วยการเอียงหัวตรวจเพียงเล็กน้อย โดยไม่ต้องเคลื่อนขยับหัวตรวจไปที่อื่นเลย และจะแสดงได้ดีเมื่อ

มีการหมุน (rotate) interventricular septum ให้ขนานกับแนวราบ

- ความต่อเนื่องของแนวแยกซ้ายขวา: ส่วนสำคัญที่สุดที่ต้องวิเคราะห์ในเพลนนี้คือ LVOT, aortic valves และ aortic root ซึ่งสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาคือความต่อเนื่องของแนว interventricular septum ที่ LVOT ต่อไปยัง aortic root เพื่อที่จะเห็นความต่อเนื่องดังกล่าวได้ดี ควรปรับหัวตรวจแสดงวิว left ventricular long-axis โดยให้ลำเสียงตั้งฉากกับแนวผนัง ascending aorta จะช่วยในการวินิจฉัย subarterial ventricular septal defect และ overriding aorta ได้ดี^(6,7)
- ทิศทางของ ascending aorta: ส่องแนวทิศทางของ aortic root จะออกไปทางขวา ทอดข้ามแนว interventricular septum ซึ่งเป็นแนวกลางของหัวใจ แต่ถ้าทิศทางค่อนไปทางขนานกับ interventricular septum จะพบได้บ่อยขึ้นในรายที่เป็น transposition of great arteries (TGA) ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญกับแนวแกนของทางออกนี้ด้วย⁽⁸⁾
- การปิด/เปิดของลิ้นหัวใจ aortic valves : ส่องการปิดเปิดลิ้นหัวใจ สังเกตให้เห็นว่าลิ้นปิดในช่วง diastole และเปิดโล่งในช่วง systole ชี้ให้เห็นว่าลิ้นปิดเปิดได้ดี เหมือนกับลิ้นหายไปในช่วง systole เพราะลิ้นแนบไปผนัง aorta และนับเป็นเพลนที่ประเมินการขัดขวางการไหลเวียนเลือดออกจาก left ventricle ได้ดี
- color flow mapping และ pulse Doppler มีประโยชน์มากในเพลนนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าปรับให้เป็น apical view ได้ เป็นเพลนที่สามารถประเมินทั้ง inflow และ outflow ได้ในเวลาเดียวกัน และประเมินการทำงานของหัวใจ (cardiac performance) โดยการคำนวณหาค่า Tei index ของหัวใจซึ่งช่วยได้ด้วย ในการตรวจ pulse doppler สามารถวาง sampling gate ให้กว้างพอที่จะครอบคลุมทั้ง diastolic inflow ที่ผ่าน mitral valves และ systolic outflow ที่ผ่านทาง aorta ซึ่งโดยทั่วไป sampling gate ที่ใช้อยู่ประมาณ 5-10 มม. นอกจากนี้จะสามารถทำให้ประเมิน arrhythmia ได้ดีด้วย เนื่องจาก a wave ซึ่งจะบ่งบอก atrial rate และ V wave

ซึ่งบอกถึง ventricular rate จะปรากฏให้เห็นใน tracing เดียวกัน⁽⁹⁾ color flow mapping จะช่วยการวินิจฉัย subarterial VSD ได้ดีมาก โดยเฉพาะเมื่อปรับหัวตรวจให้เป็นแบบ left ventricular long-axis มากขึ้น

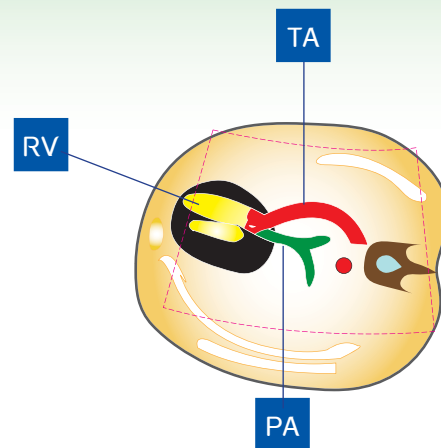
เคล็ดลับ:

- ควรจำภาพกายวิภาคปกติทั้ง 5 ระดับให้แม่น
- four-chamber view ที่เริ่มต้นต้องชัดเจนก่อน
- ในการฝึกเบื้องต้นให้คงสายตาไว้ที่ left ventricle แล้วสังเกต ascending aorta ที่ทอดออกเป็นท่อนสั้น ๆ หรือกลม เพราะยังไม่ตัดตามยาว แล้วขณะเอียงหัวตรวจขึ้นไปนั้นให้จ้องจับ aorta ไว้ตลอดแนว ตั้งแต่เริ่มต้นออกจาก left ventricle ในระดับที่ 2 ไปจนกระทั่งระดับที่ 4-5 ซึ่งจะเปลี่ยนจากภาพตัดขวางเส้นเลือดกลมเป็นท่อน ยาวออกเป็น aortic arch พยายามจับตาดูให้ตลอดแนว ในตอนแรกยังไม่ต้องสนใจ pulmonary trunk หลังจากเข้าใจแนวทิศทางของ aorta แล้ว ให้กลับไปตั้งต้นระดับที่ 1-5 ใหม่ โดยเปลี่ยนสายตามาจับที่ pulmonary trunk ในระดับที่ 3 ซึ่งทอดออกมาจาก right ventricle และจะเป็นแนวยาวออกมา สังเกตการแยกเป็นซ้ายและขวา เลื่อนขึ้นไปเล็กน้อย (ระดับที่ 4) จะเห็นทอดยาวเป็น ductal arch ซึ่งทะลุเข้าสู่ descending aorta
- ฝึกจับตาดูการทอดเส้นเลือดใหญ่ที่ละเส้น (aorta และ pulmonary trunk) ให้เห็นตลอดแนว ด้วยการฝึก sweep หลาย ๆ ครั้ง
- การไขว้กันของเส้นเลือดทั้งสองเป็นความสัมพันธ์ปกติที่ช่วยแยกความพิการได้จำนวนมาก

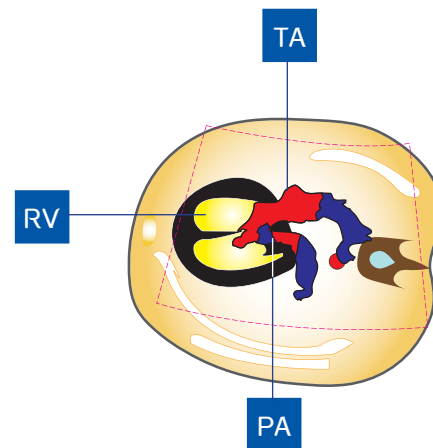
ตัวอย่างความผิดปกติของหัวใจ

รูปที่ 6-8 ถึงรูปที่ 6-28 แสดงตัวอย่างของภาพอัลตราซาวด์ของหัวใจทารกผิดปกติที่แสดงให้เห็นในวิว 5CV

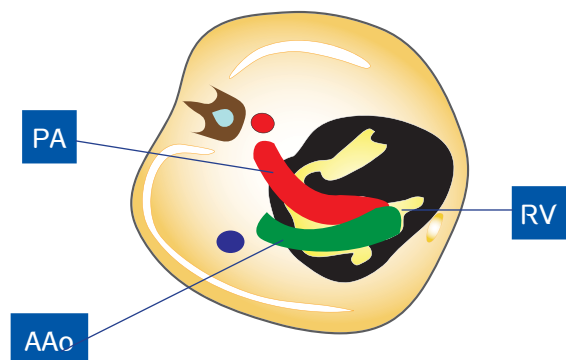




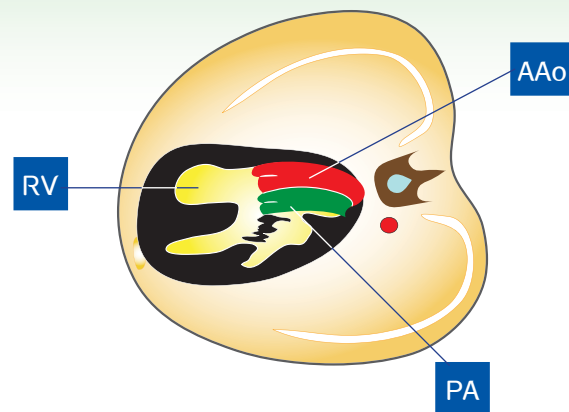
รูปที่ 6-8 5CV: Truncus arteriosus (TA) เส้นเลือดใหญ่ทอดออกจากหัวใจในตำแหน่งตรงกลาง เส้นเลือด main pulmonary artery (PA) แยกจากส่วนต้นของ trunk ในตำแหน่งใกล้กับ truncal valve (สังเกตการแตกแขนงซ้ายขวาของ pulmonary artery), (RV = right ventricle)



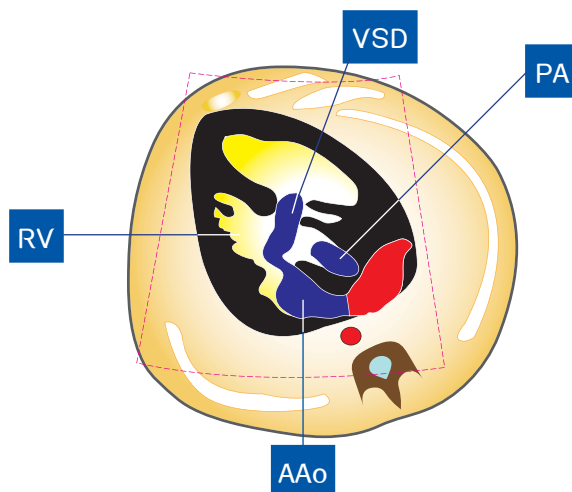
รูปที่ 6-9 5CV: Truncus arteriosus (TA) Color flow mapping แสดงเส้นเลือดใหญ่ทอดออกจากหัวใจในตำแหน่งตรงกลาง เส้นเลือด main pulmonary artery (PA) แยกจากส่วนต้นของ trunk ในตำแหน่งใกล้กับ truncal valve (รายละเอียดกับรูป 6-8), (RV = right ventricle)



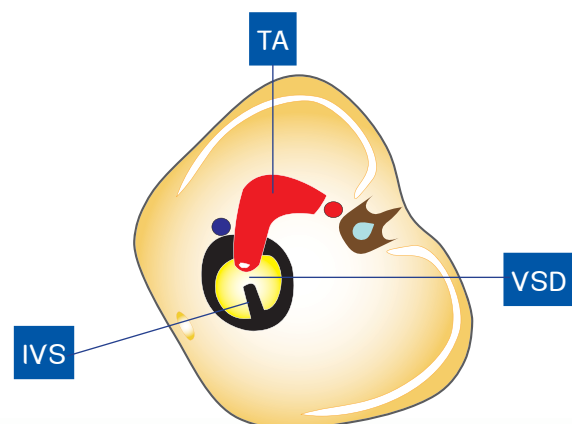
รูปที่ 6-10 Double outlet of right ventricle (DORV) แสดงตำแหน่งที่เส้นเลือดใหญ่ทอดออกจากหัวใจ ทั้ง pulmonary artery (PA) และ ascending aorta (AAo) ออกจาก right ventricle(RV)



รูปที่ 6-11 5CV: Transposition of great arteries (TGA), ascending aorta (AAo) และ pulmonary artery (PA) ออกจากหัวใจนานกัน สลับข้างกัน ไม่ใช่ร่วมกันเหมือนปกติ (RV = right ventricle)

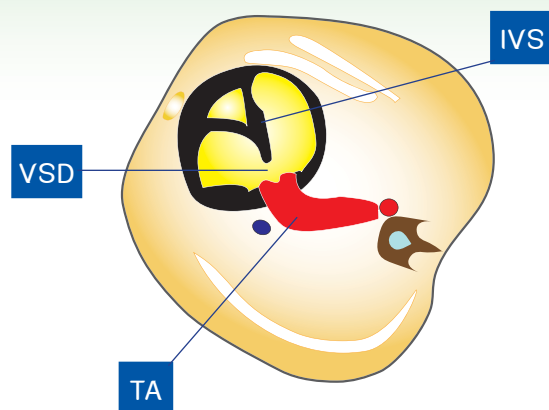


รูปที่ 6-12 5CV: Double outlet of right ventricle (DORV) แสดงตำแหน่งที่เส้นเลือดใหญ่ทอดออกจากหัวใจ ทั้ง pulmonary artery (PA) และ ascending aorta (AAo) ออกจาก right ventricle (RV) สังเกต ventricular septal defect (VSD) และแนวแกนหัวใจผิดปกติ (mesocardia)

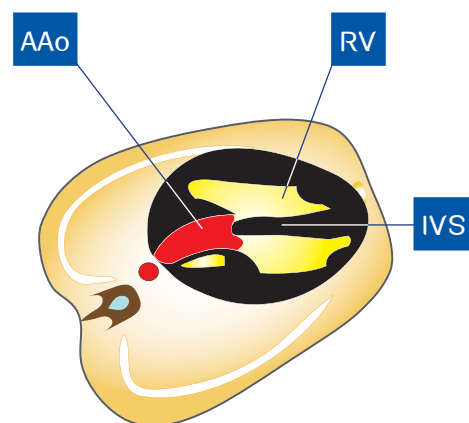


รูปที่ 6-13 5CV: Truncus arteriosus (TA) เส้นเลือดใหญ่ทอดออกจากหัวใจ เส้นเดียวในตำแหน่งตรงกลาง ครอบคลุม interventricular septum (IVS) (วิธีนี้ไม่เห็นการแตกแขนงของ pulmonary artery จาก trunk) (VSD = ventricular septal defect)

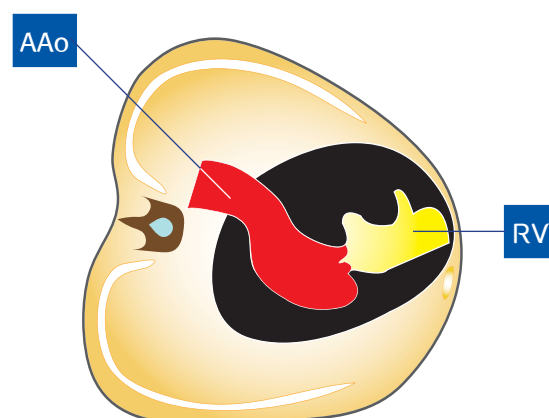




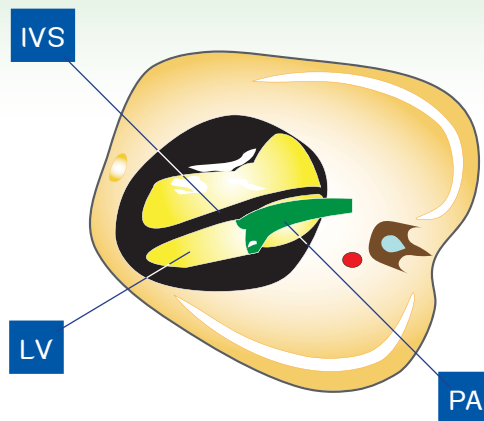
รูปที่ 6-14 5CV: Truncus arteriosus (TA) เส้นเลือดใหญ่ทอดออกจากหัวใจ เส้นเดียวในตำแหน่งตรงกลาง คร่อม interventricular septum (IVS) หรือ overriding trunk (วิธีนี้ไม่เห็นการแตกแขนงของ pulmonary artery จาก trunk) (VSD = ventricular septal defect)



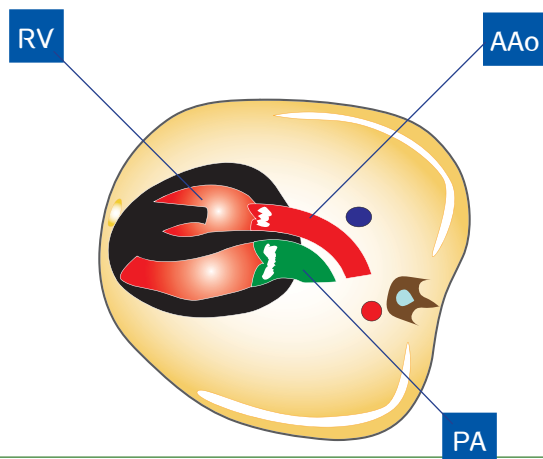
รูปที่ 6-15 5CV: Tetralogy of fallot (TOF) แสดง ascending aorta (AAo) ทอดออกจากหัวใจโดยคร่อม interventricular septum (IVS) หรือ overriding aorta (RV = right ventricle)



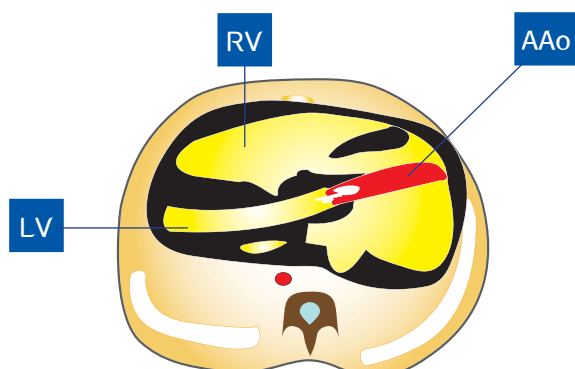
รูปที่ 6-16 5CV: Double outlet of right ventricle (DORV) เส้นเลือดใหญ่ (ascending aorta, AAo) ทอดออกจากหัวใจซีกขวา right ventricle (RV) (วิธีนี้ไม่เห็น pulmonary artery)



รูปที่ 6-17 5CV: Transposition of great arteries (TGA) ทิศทางของเส้นเลือดใหญ่ที่ออกจาก left ventricle(LV) เกือบขนานกับแนว interventricular septum(IVS) ไม่ข้ามเส้นไปทางซีกขวาของหัวใจ เป็นอาการแสดงที่ควรสงสัยความผิดปกติของหลอดเลือดใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง TGA หรือ Tetralogy of Fallot(TOF) บางราย (PA = pulmonary artery)

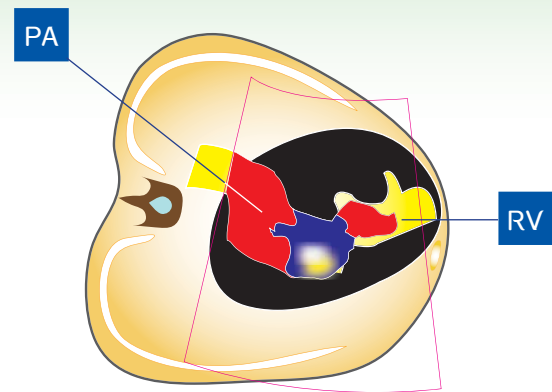


รูปที่ 6-18 5CV: Transposition of great arteries (TGA) ascending aorta (AAo) และ pulmonary artery (PA) ออกจากหัวใจขนานกัน สลับข้างกัน ไม่ไขว้กันเหมือนปกติ (RV = right ventricle)

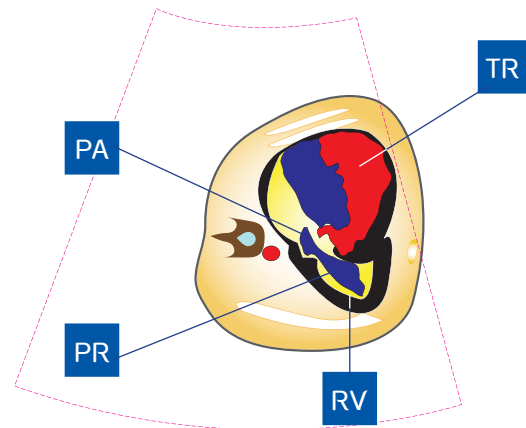
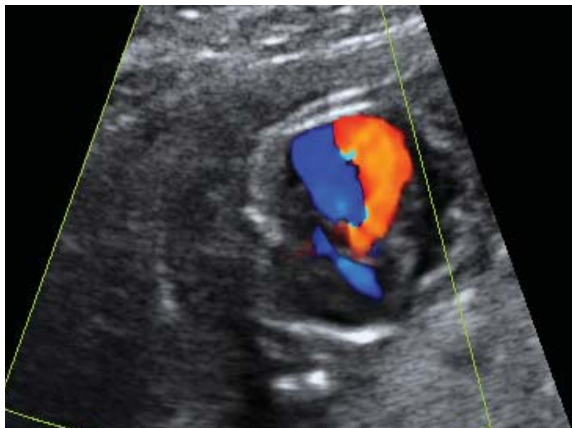


รูปที่ 6-19 5CV: Mitral stenosis (MS) หัวใจโต แนวแกนหัวใจผิดปกติ left atrium(LA) โตมาก left ventricle(LV) ขนาดเล็ก ascending aorta (AAo) ขนาดเล็ก (จากภาพ real-time มีการบีบตัวปกติ) (RV = right ventricle)

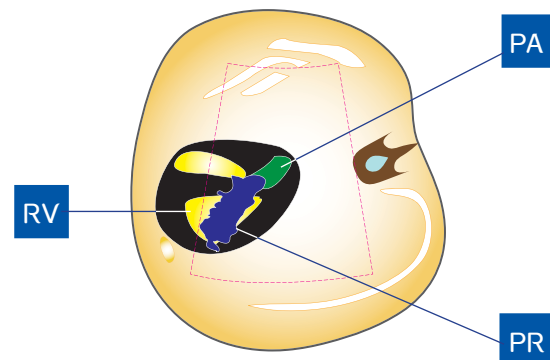
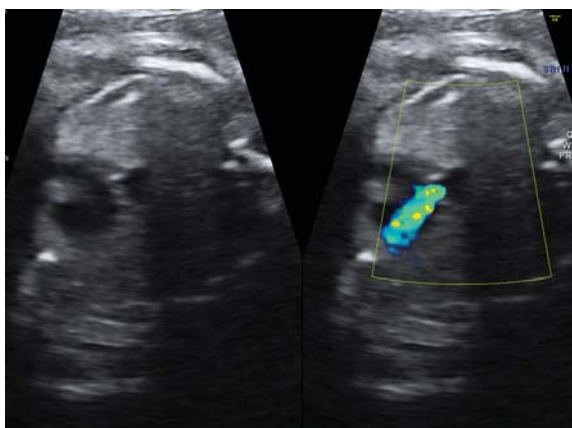




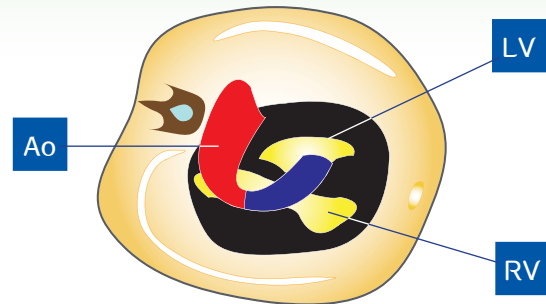
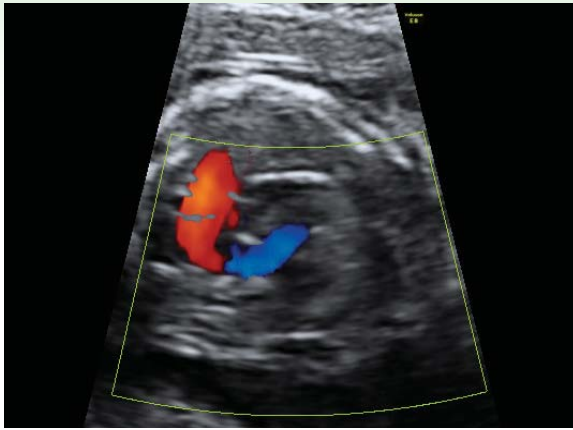
รูปที่ 6-20 5CV: Post-stenotic dilatation แสดง color flow mapping ใน pulmonary stenosis (PS) และมีการขยายตัวของหลอดเลือดในตำแหน่งที่ถัดจากเส้นที่ตีบเล็กน้อย และมีลักษณะของ turbulence flow (RV = right ventricle, PA = pulmonary artery)



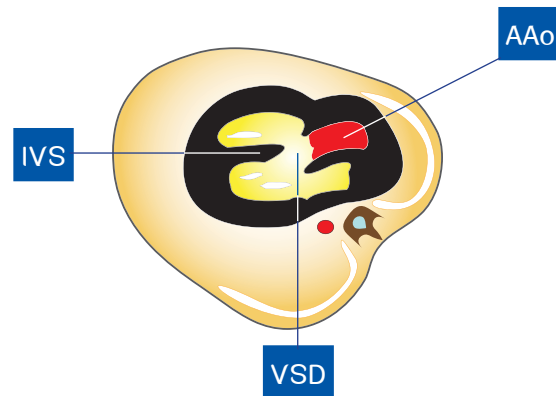
รูปที่ 6-21 5CV: color flow mapping แสดง pulmonary regurgitation (PR) และ severe tricuspid regurgitation (TR), right atrium (RA) โตมากจนทำให้หัวใจทั้งหมดโต และแนวแกนหัวใจผิดปกติไป (ทารกรายนี้เป็น pulmonary stenosis / regurgitation) (PA = pulmonary artery, RV = right ventricle)



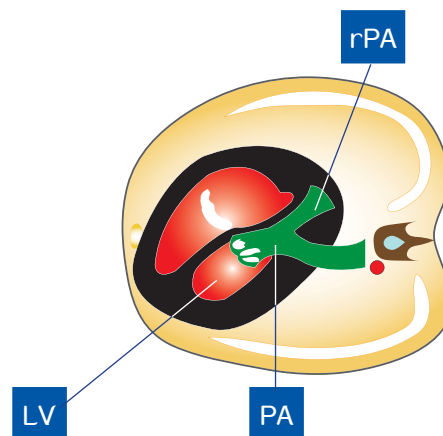
รูปที่ 6-22 5CV: color flow mapping แสดง pulmonary regurgitation (PR) ในจังหวะ diastole (ทารกรายนี้เป็น pulmonary atresia) (RV = right ventricle, PA = pulmonary artery)



รูปที่ 6-23 5CV: Tetralogy of Fallot (TOF) หัวใจโตเล็กน้อย แนวแกนค่อนข้างแนวกลาง color flow mapping แสดงทิศทางการไหลเวียนของเลือดใน aorta (Ao) ที่มีความโค้งเป็นรูป question mark ซึ่งพบได้บ่อยใน TOF (LV = left ventricle, RV = right ventricle)

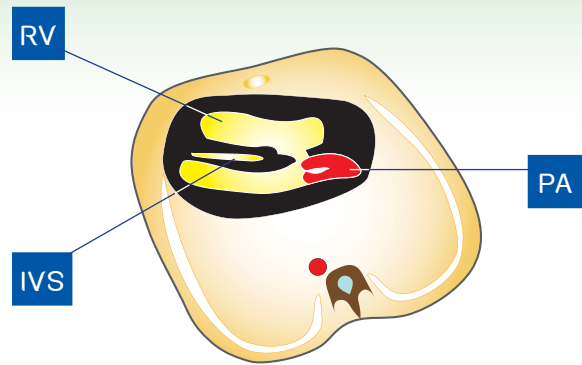


รูปที่ 6-24 5CV: Tetralogy of fallot แสดง ascending aorta (AAo) ทอดออกจากหัวใจโดยคร่อม interventricular septum(IVS) หรือ overriding aorta ร่วมกับมี ventricular septal defect(VSD)

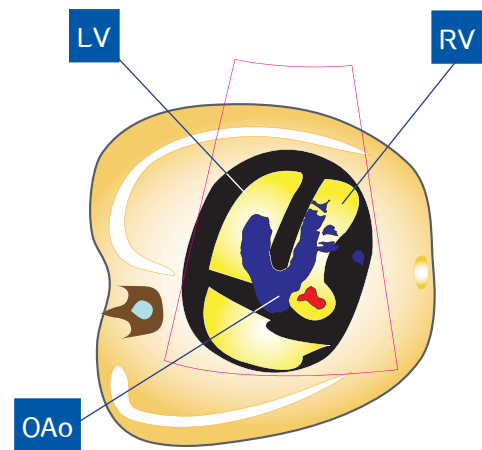
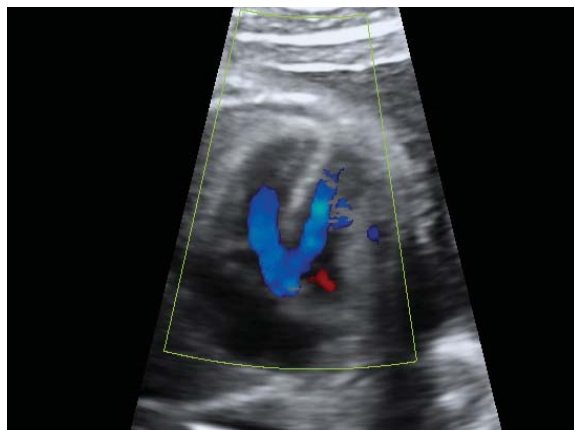


รูปที่ 6-25 5CV: Transposition of great arteries (TGA) ทิศทางของเส้นเลือดใหญ่ที่ออกจาก left ventricle(LV) เกือบขนานกับแนว interventricular septum(IVS) ไม่ข้ามเส้นไปทางซีกขวาของหัวใจ และมีการแตกแขนงเป็น left / right pulmonary artery (PA)

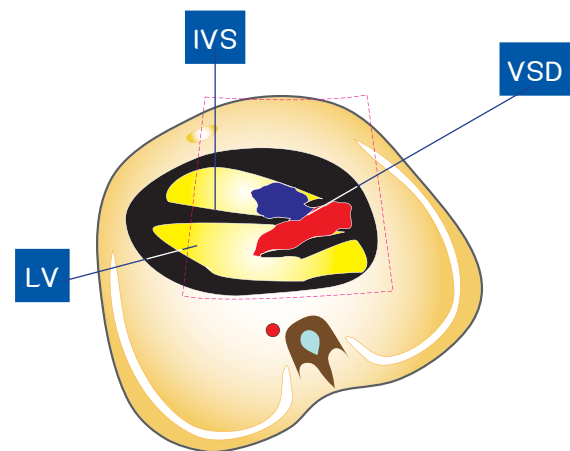
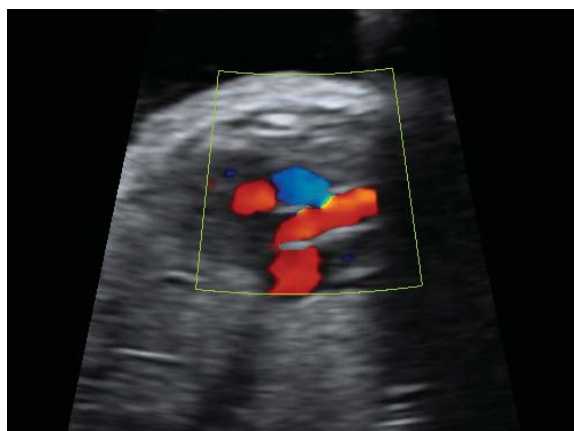




รูปที่ 6-26 5CV: Transposition of great arteries (TGA) ทิศทางของเส้นเลือดใหญ่ที่ออกจาก left ventricle(LV) เกือบขนานกับแนว interventricular septum(IVS) มีความโค้งแต่ไม่ข้ามเส้นไปทางซีกขวาของหัวใจ (RV = right ventricle, PA = pulmonary artery)



รูปที่ 6-27 5CV: Tetralogy of Fallot (TOF) color flow mapping แสดง ascending aorta (AAo) ทอดคร่อม interventricular septum(IVS) หรือ overriding aorta(OAo) โดยมีลักษณะรูปตัว Y ตามแบบฉบับของ TOF (LV = left ventricle, RV = right ventricle)



รูปที่ 6-28 5CV: color flow mapping แสดง ventricular septal defect (VSD) ในตำแหน่งใกล้กับ aortic valves มีเลือดไหลจากด้านซ้าย (สีแดง) และข้างขวา (สีน้ำเงิน) เข้าสู่ ascending aorta ในจังหวะ systole (LV = left ventricle, IVS = interventricular septum)

เอกสารอ้างอิง

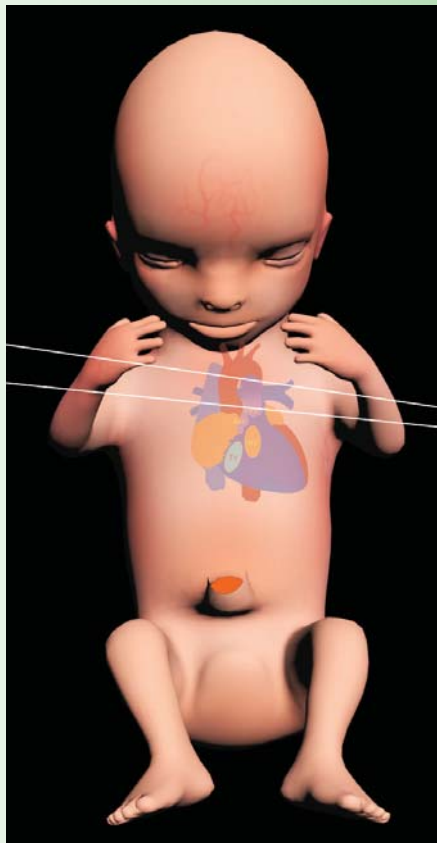
- 1) AIUM practice guideline for the performance of fetal echocardiography. J Ultrasound Med 2011 Jan;30(1):127-36.
- 2) DeVore GR. Fetal echocardiography : Gold Plus edition. 2010.
- 3) Bromley B, Estroff JA, Sanders SP, Parad R, Roberts D, Frigoletto FD, Jr., et al. Fetal echocardiography: accuracy and limitations in a population at high and low risk for heart defects. Am J Obstet Gynecol 1992 May;166(5):1473-81.
- 4) McGahan JP. Sonography of the fetal heart: findings on the four-chamber view. AJR Am J Roentgenol 1991 Mar;156(3):547-53.
- 5) Tongprasert F, Srisupundit K, Luewan S, Sirichotiyakul S, Piyamongkol W, Wanapirak C, et al. Reference ranges of fetal aortic and pulmonary valve diameter derived by STIC from 14 to 40 weeks of gestation. Prenat Diagn 2011 May;31(5):439-45.
- 6) Barboza JM, Dajani NK, Glenn LG, Angtuaco TL. Prenatal diagnosis of congenital cardiac anomalies: a practical approach using two basic views. Radiographics 2002 Sep;22(5):1125-37.
- 7) Allan LD. A practical approach to fetal heart scanning. Semin Perinatol 2000 Oct;24(5):324-30.
- 8) De GB. [Prenatal diagnosis of transposition of great vessels]. Arch Mal Coeur Vaiss 2004 May;97(5):580-1.
- 9) Steinfeld L, Rappaport HL, Rossbach HC, Martinez E. Diagnosis of fetal arrhythmias using echocardiographic and Doppler techniques. J Am Coll Cardiol 1986 Dec;8(6):1425-33.



บทที่ 7

วิวเส้นเลือดใหญ่สามเส้น

Three-Vessel View



■ บทนำ.....	97
■ การตรวจ 3VV ด้วยอัลตราซาวด์สองมิติ.....	97
■ เทคนิคในการตรวจ.....	101
■ การวิเคราะห์ 3VV.....	101
■ ตัวอย่างรายงานจากประสบการณ์.....	103
■ หลักฐานความผิดปกติใน c3VV ที่นำไปสู่การวินิจฉัยโรคบ่อย ๆ	103
■ เอกสารอ้างอิง.....	112



บทนำ

วิวเส้นเลือดใหญ่สามเส้น หรือ (three-vessel view; 3VV) เป็นวิวภาพตัดขวางทรวงอกทารกในระดับสูงกว่าหัวใจเล็กน้อย ซึ่งเป็นวิวตัดผ่านเส้นเลือดใหญ่สามเส้น คือ superior vena cava (SVC), aorta (Ao) และ pulmonary artery (PA) เป็นวิวที่ได้รับการพิสูจน์อย่างมีหลักฐานแล้วว่าช่วยในการวินิจฉัยโรคหัวใจพิการโดยกำเนิดได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 7-1)

การตรวจ 3VV ด้วยอัลตราซาวด์สองมิติ (2D-gray scale)

เฟลน 3VV เป็นเฟลนตัดขวางทรวงอกทารกที่ตัดสูงขึ้นมาจากเฟลน 4CV เล็กน้อย สามารถเห็นเส้นเลือดใหญ่สำคัญ 3 เส้น ได้แก่ main pulmonary artery (MPA), ascending aorta (AAo) และ superior vena cava (SVC) ซึ่งเรียงกันอย่างเป็นระบบหรือมีรูปแบบจำเพาะ มีความสัมพันธ์กันที่แน่นอน เรียงกันเป็นเส้นตรงด้านซ้ายและด้านหน้า ไปทางด้านขวาค่อนไปทางข้างหลัง โดยมี MPA อยู่ด้านหน้าสุด และซ้ายสุด AAo อยู่ตรงกลาง และ SVC อยู่ทางขวาสุด และหลังสุด

ความสัมพันธ์ที่เป็นปกติของเส้นเลือดใหญ่ทางสามเส้น เป็นดังนี้

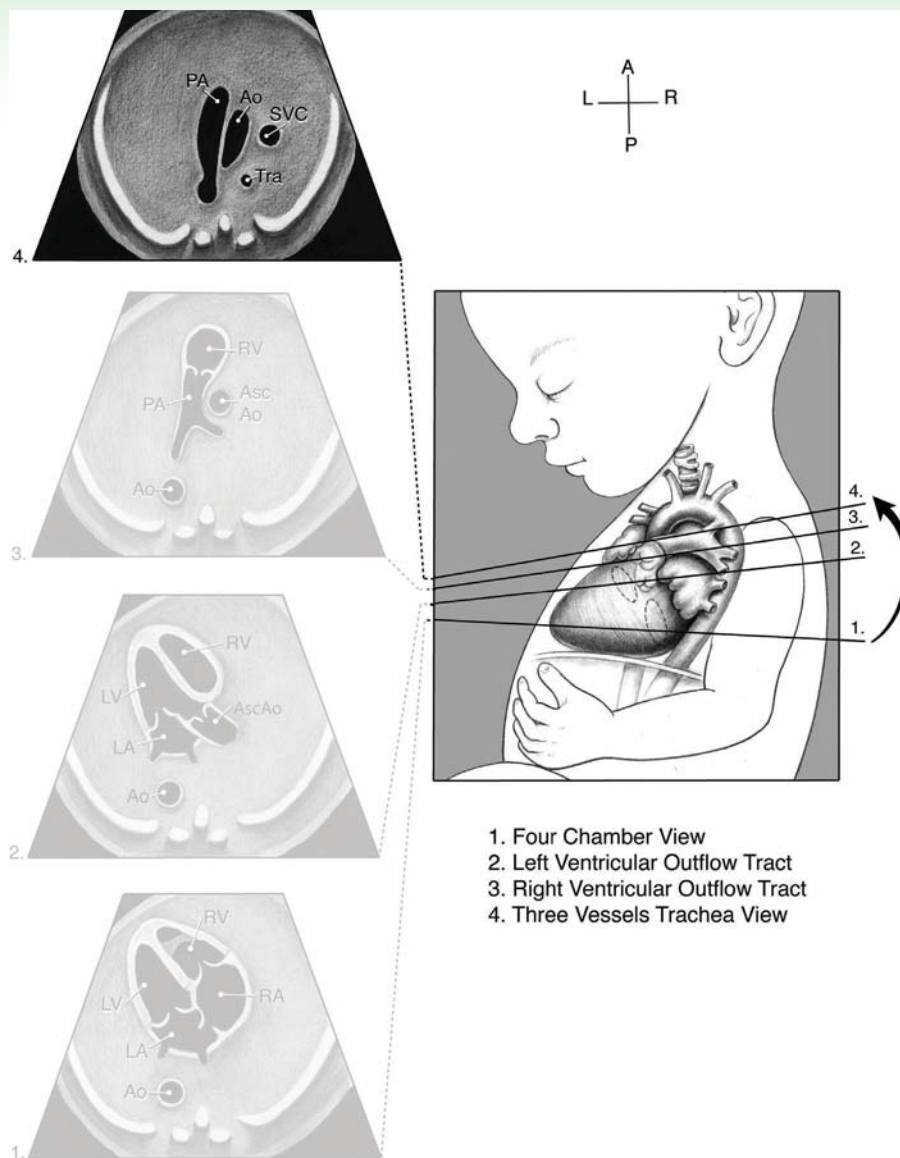
- จำนวนเส้นเลือด (number) 3 เส้นดังที่กล่าวมาข้างต้น
- ขนาดเส้นเลือด (size) โดยเรียงลำดับจากขนาดใหญ่ไปหาขนาดเล็กคือ MPA, AAo และ SVC ตามลำดับ

- แนวการเรียงตัวของเส้นเลือด (alignment) จะเรียงตัวเป็นเส้นตรงจากซ้ายหน้า ทอดไปยังขวาหลัง
- การเรียงลำดับของเส้นเลือด (arrangement) เรียงลำดับจากซ้าย-หน้า ไปยังขวา-หลัง คือ MPA, AAo และ SVC ตามลำดับ

เคล็ดลับ: ในภาพหน้าตัดของเส้นเลือดที่สงสัยว่าจะเป็น SVC ถ้าทดลองหมุน 90 องศา เส้นเลือดดังกล่าวจะยาวออกและทอดเข้าสู่ right atrium

ในยุคต้น ๆ ของการตรวจ fetal echocardiography มีการตรวจคัดกรองเน้น 4CV เป็นหลักซึ่งเชื่อว่าสามารถตรวจภาวะหัวใจพิการแต่กำเนิดได้เป็นส่วนใหญ่ แต่อย่างไรก็ตามในเวลาต่อมาได้รับการพิสูจน์ว่ามีภาวะหัวใจพิการแต่กำเนิด จำนวนไม่น้อยที่ตรวจไม่พบด้วยการตรวจ 4CV ต่อมาจึงแนะนำว่าในการตรวจคัดกรองขั้นต่ำจะต้องมีการตรวจ outflow tract ด้วย ในระยะหลังมีหลายรายงานพบว่าการตรวจเพิ่มเติมด้วยการตรวจ 3VV ด้วยจะยิ่งช่วยให้ตรวจพบความผิดปกติเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และแนะนำให้ตรวจเป็นประจำในการตรวจชั้นละเอียด (specialized ultrasound)

3VV (three-vessel view) ได้มีการแนะนำและบรรยายไว้โดย Yoo และคณะ⁽¹⁾ เป็นครั้งแรก และต่อมา Yagel และคณะ⁽²⁾ เสนอเน้นวิว 3VT (three vessel view และ tracheal view เข้าด้วยกัน) ซึ่งเป็นวิวที่อยู่ใกล้เคียงหรือชิดกับ 3VV โดยวิวเหล่านี้ง่ายต่อการเรียนรู้และฝึกปฏิบัติ แต่ให้ข้อมูลที่ประโยชน์มากจึงสมควรให้ความสำคัญและฝึกปฏิบัติเป็นกิจวัตร ทั้ง 3VV และ 3VT ซึ่งวิวทั้งสองนี้อยู่ใกล้ชิดกันมากสามารถเข้าถึงได้ด้วยเพียงแค่ขยับหัวตรวจจากระดับ 4CV ขึ้นไปทางศีรษะเด็กเพียงเล็กน้อย



1. Four Chamber View
2. Left Ventricular Outflow Tract
3. Right Ventricular Outflow Tract
4. Three Vessels Trachea View

รูปที่ 7-1 ภาพแสดงวิวัฒนาการในการตรวจหัวใจทารกในครรภ์ (fetal echocardiography) : เน้นที่ระดับ three-vessel view (Ao; descending aorta, Asc Ao; ascending aorta, LA; left atrium, LV; left ventricle, PA; pulmonary artery, RA; right atrium, RV; right ventricle; and Tra; trachea) (ที่มา : AIUM practice guideline for the performance of fetal echocardiography. J Ultrasound Med 2011 Jan;30(1):127-36.)

ในการตรวจ 3VV ตามข้อแนะนำของ Yoo และคณะ^(1;3;4) หมายถึง ภาพตัดขวางทรวงอกที่อยู่เหนือระดับ 4CV ขึ้นไปเล็กน้อย จะเห็นเส้นเลือดใหญ่สำคัญ 3 เส้น คือ main pulmonary artery (MPA), ascending aorta (AAo) และ superior vena cava (SVC) มีรูปแบบการเรียงตัว ขนาด ลำดับที่อยู่อย่างมีรูปแบบจำเพาะ

สำหรับวิว 3VT ตามการแนะนำของ Yagel และคณะ⁽²⁾ และ Vinals และคณะ⁽⁵⁾ หมายถึงวิวที่เหนือ 3VV ของ Yoo ขึ้นไปอีกเล็กน้อย ซึ่งจะเห็น SVC และ

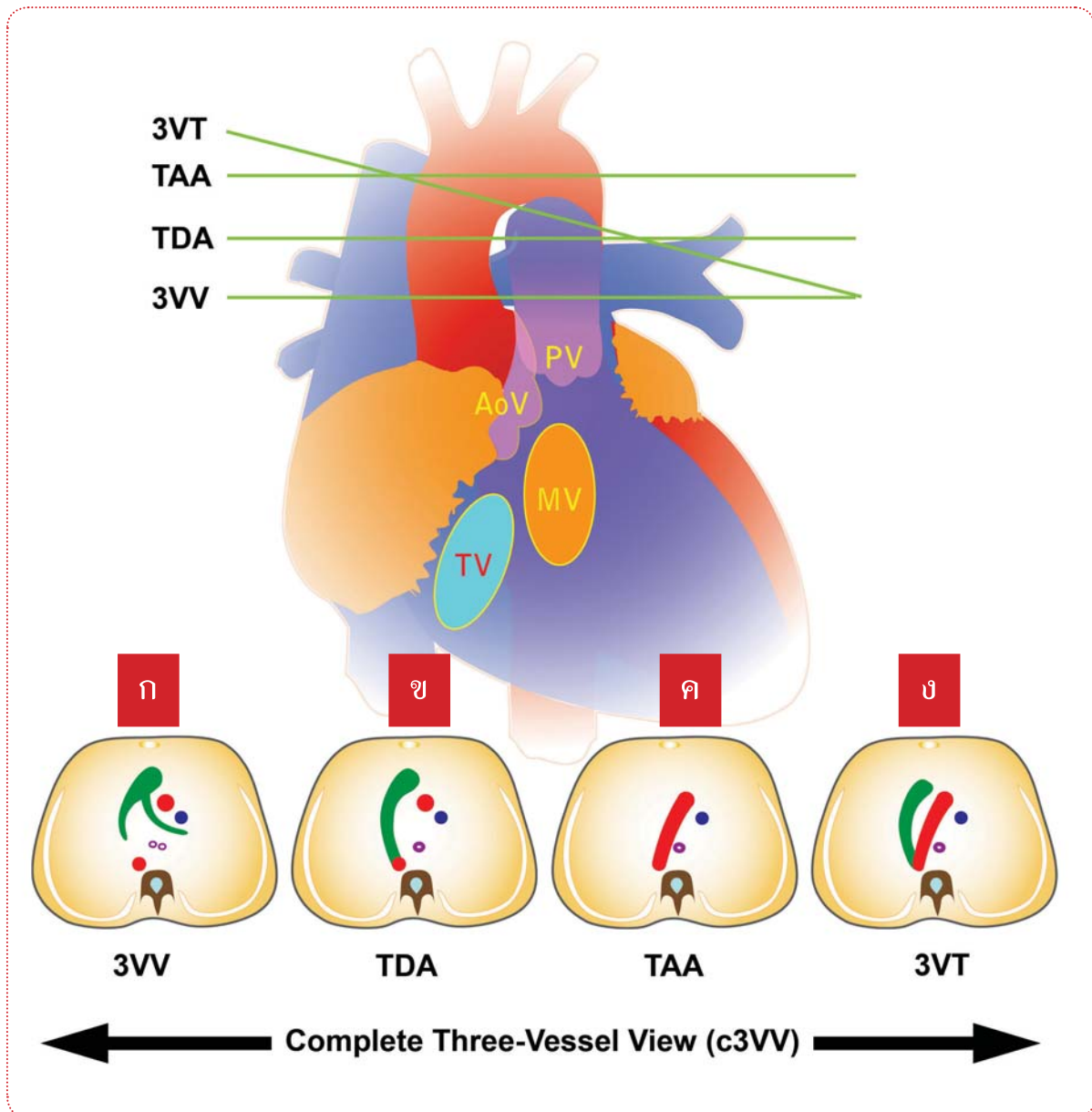
aortic arch หรือ ductal arch พร้อมกับเห็น trachea ด้วย

จากประสบการณ์ของผู้เขียนพบว่าระดับ 3VV อยู่ใกล้กับ 3VT และในทางปฏิบัติก็จะตรวจพร้อม ๆ กันไป หรือต่อเนื่องมาจาก 4CV ไปจนครบ เนื่องจากทั้ง 4CV, 3VV และ 3VT เป็นวิวที่ได้จากภาพตัดขวางของทรวงอกทารกในส่วน mediastinum เช่นเดียวกัน ดังนั้นทั้งวิว 3VV และ 3VT จึงควรถือว่าเป็นวิวที่ตรวจในเวลาเดียวกัน ทีมงานผู้เขียนได้รายงานการศึกษาการตรวจ 3VV และ 3VT ไว้ด้วยกัน หรืออาจเรียกว่า complete

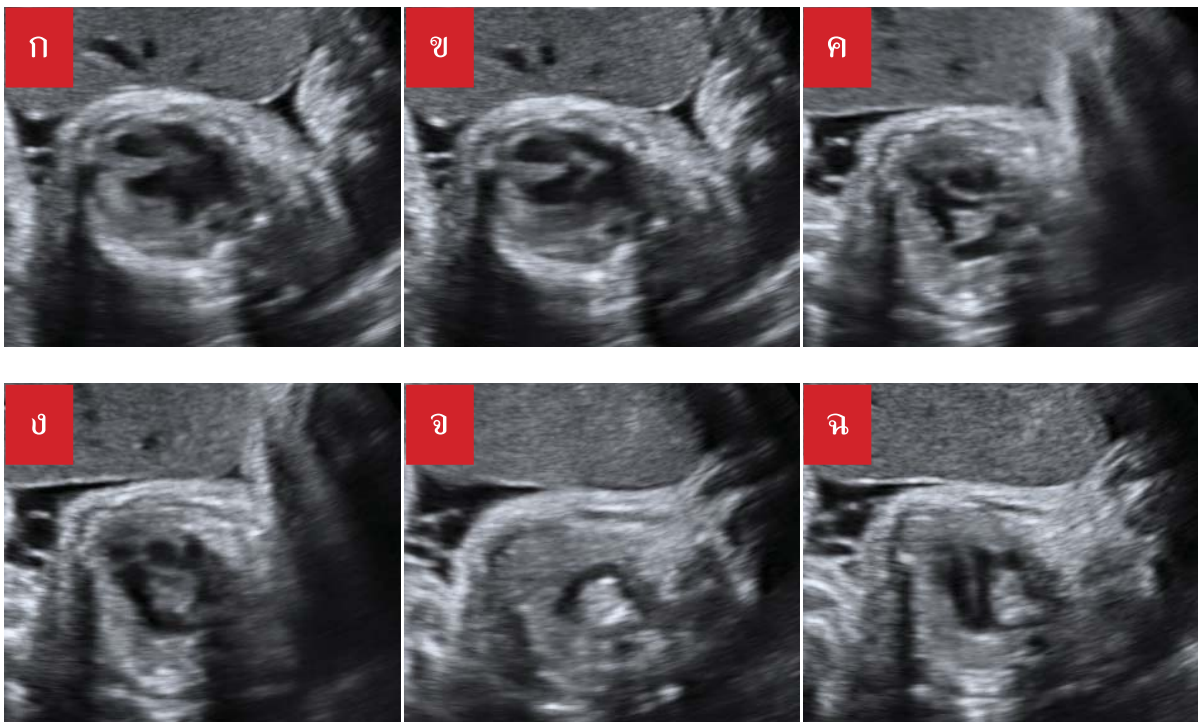
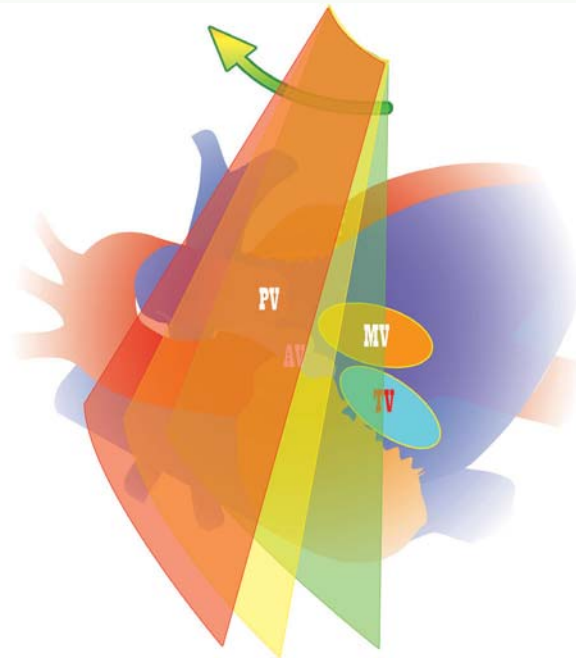


3VV (c3VV) การกล่าวถึง 3VV ในที่นี้จึงหมายถึงการตรวจที่รวมทั้ง 3VV และ 3VT ไปด้วยกัน กล่าวคือจาก 4CV ซึ่งเป็นภาพตัดขวางทรงอกรากอยู่แล้วนี้ ให้เลื่อนขยับหัวตรวจสูงขึ้นไปจนถึงระดับ aortic arch ถือเป็นการสำรวจเส้นเลือดใหญ่ของหัวใจได้สมบูรณ์ และอาจมีการปรับเปลี่ยนท่าเล็กน้อยเพื่อให้ประเมินได้ดีขึ้น ทำให้ได้วิวต่าง ๆ มากขึ้นดังต่อไปนี้ (รูปที่ 7-2)

- Four-chamber view (4CV)
- Five-chamber view (5CV)
- Three-vessel view (3VV)
- Transductal arch view (TDA)
- Transaortic arch view (TAA)
- Three-vessel view and trachea view (3VT)



รูปที่ 7-2 รูปวาดแสดงการภาพจากการตรวจ c3VV โดยเริ่มจากการเลื่อนหัวตรวจในเฟลนตัดขวางทรงอกรากจากระดับ 4CV ขึ้นไปทางศีรษะทารกเล็กน้อยจะได้ 3VV (รูป ก) โดยมีลักษณะเด่นการเรียงตัวจำเพาะและมี bifurcation ของ MPA แล้วขยับขึ้นต่อไปจะได้เฟลน TDA (รูป ข) เห็น ductus arteriosus ชัดที่สุด และยาวที่สุด โดยไม่เห็น right pulmonary artery หรือเห็นไม่ชัด เห็น ascending aorta ในรูปหน้าตัด เมื่อขยับขึ้นไปอีกเล็กน้อยจะได้เฟลน TAA (transaortic arch) (รูป ค) เห็น aortic arch ส่วน ductal arch ไม่เห็นหรือเห็นไม่ชัด จากรูป ค ถ้าบิดหัวตรวจทางด้านซ้ายต่ำลงมาเล็กน้อย จะเห็นเฟลน 3VT (รูป ง) คือเห็น arch ทั้งสอง และเห็น trachea⁽⁶⁾ (PV = pulmonic valve, AoV = aortic valve, MV = mitral valve และ TV = tricuspid valve)



รูปที่ 7-3 ตัวอย่างภาพที่ได้จากการ *sweeping* ตลอดระนาบตัดขวางของทรวงอกส่วนบน เริ่มต้นจาก ก) 4CV, ข) 5CV แสดง aortic root ที่เริ่มออกจาก left ventricle, ค) 3VV ที่ตำแหน่ง bifurcation ของ pulmonary artery แตกแขนง right pulmonary artery (RPA) พันอ้อม ascending aorta (AAo) ซึ่งมีทิศทางตั้งฉากกัน, ง) วิวที่แสดง ductal arch ชัดเจนขึ้น ซึ่งสูงกว่าในระดับ ค. เล็กน้อย, จ) ระดับ aortic arch (AoA) ซึ่งอยู่สูงขึ้นไปกว่าระดับ ductal arch เล็กน้อย และ ฉ) ระดับ 3VT ซึ่งแสดง arch ทั้งสอง เป็นวิวที่ปรับหัวตรวจจาก ง. หรือ จ. ให้เฉียงไปอีกเล็กน้อย



ทั้งสี่วิวหลังนี้ควรถือว่าเป็นวิวเดียวกันที่ต่อเนื่อง และสามารถแสดงให้เห็นได้ทั้งหมดด้วยเพียงการเอียงขยับ หมุน หรือบิดหัวตรวจเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เช่นเดียวกับการตรวจ outflow tract ทั้งสองข้าง ไม่ว่าจะเป็น LVOT หรือ RVOT ควรถือว่าเป็นการตรวจวิวเดียวกันด้วยเทคนิค criss-cross maneuver ในทางปฏิบัติแล้วทั้ง 4 วิวดังกล่าวควรถือเป็น maneuver เดียวกันที่แสดงเส้นเลือดสำคัญให้เห็นในหลายวิว^(3,6,7) เป็น dynamic view หรือ complete view ของ 3VV ดังนั้น 3VV ในที่นี้จึงหมายถึงการตรวจเส้นเลือดในภาพตัดขวางของทรวงอกโดยสมบูรณ์แบบ ในระดับที่เหนือ 4CV ขึ้นไปจนเห็น aortic arch และ trachea

เทคนิคในการตรวจ (รูปที่ 7-3)

- **4CV-5CV :** ตรวจหาให้ได้ตามมาตรฐานเป็นลำดับแรก ซึ่งเป็นภาพตัดขวางทรวงอก
- **3VV :** เลื่อนขยับหัวตรวจเล็กน้อยไปทางศีรษะ ทารก โดยคงความเป็นภาพตัดขวาง หรือตั้งฉากกับแนวยาวของลำตัวเด็กไว้ เมื่อผ่าน 5CV ขึ้นไป จะเห็นองค์ประกอบสำคัญของ 3VV คือ main pulmonary artery(MPA) ในตำแหน่งที่กำลังแตกสาขา (bifurcation) ได้เป็น right pulmonary artery (RPA) และ ductus arteriosus (DA), ascending aorta (AAo) และ superior vena cava (SVC) โดย MPA อยู่ด้านหน้าและซ้ายสุด AAo อยู่กลาง และ SVC อยู่ทางขวาสุด วิวนี้ยังไม่เห็น trachea ทั้ง MPA, AAo และ SVC จะเรียงกันเป็นเส้นตรงจากหน้า-ซ้ายทอดไปทางหลัง-ขวา จำนวนเส้นเลือดใหญ่ 3 เส้น มีขนาดต่างกันเล็กน้อย โดยที่ MPA ขนาดโตที่สุด รองลงมาเป็น AAo และ SVC มีขนาดเล็กที่สุด
- **TDA (transductal arch view):** ขยับหัวตรวจหรือเอียงหัวตรวจต่อจาก 3VV ขึ้นทางศีรษะอีกเล็กน้อย พบ bifurcation ของ MPA ขึ้นไป เห็น ductal arch ทอดตรงเข้าสู่ descending aorta
- **TAA (transaortic arch view):** ขยับหัวตรวจหรือเอียงหัวตรวจต่อจาก TDA ขึ้นทางศีรษะอีกเล็กน้อย จนเห็น aortic arch ตลอดแนวยาว ซึ่งจะเห็น trachea อยู่ทางขวามือ ส่วน ductal arch อาจจะไม่เห็นแล้ว หรือเห็นเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจาก aortic arch จะโค้งสูงขึ้นไปกว่า ductal arch

- **3VT :** จากวิว TAA ให้หมุนหัวตรวจทางด้านซ้ายมือของทารกต่ำลงมาเล็กน้อย ให้เห็น ductal arch ชัดเจนขึ้น วิวนี้จะเห็น arch ทั้งสองพุงมารวมกันที่ descending aorta ในลักษณะรูปตัว V รวมกันอยู่ทางด้านซ้ายของ trachea

การปรับหมุนหัวตรวจทั้ง 4 ระดับนี้ ตรวจต่อเนื่องกันอาจเรียกว่าเป็น c3VV ซึ่งต้องอาศัยความละเอียดอ่อนในการขยับหัวตรวจในลักษณะ micro-manipulation

ในการตรวจ full fetal echocardiography ควรตรวจวิวทั้งหมดนี้เสมอ และควรพิจารณาผนวกการตรวจด้วย color flow mapping และ spectral Doppler study ด้วยในกรณีที่สงสัยผิดปกติ

การวิเคราะห์ 3VV

ข้อควรพิจารณาในการตรวจและวิเคราะห์ 3VV

- จำนวนของเส้นเลือด
- ขนาดของเส้นเลือด
- ลำดับการเรียงตัวของเส้นเลือด
- แนวการเรียงตัวของเส้นเลือด
- ตำแหน่งซ้ายขวาของเส้นเลือดใหญ่
- ทิศทางการไหลเวียนเลือดในแต่ละเส้น
- ความเร็วของการไหลเวียนเลือด

ขนาดของเส้นเลือด (size):

ในทารกปกติเส้นเลือด MPA มีเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่า AAo และ AAo โตกว่า SVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นเลือดใหญ่มีค่าอ้างอิงสำหรับแต่ละอายุครรภ์^(5,8) สำหรับใช้ในการประเมินขนาดเส้นเลือดในกรณีสงสัยว่าโตผิดปกติหรือไม่ แต่อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติอาจใช้กฎง่าย ๆ ทางคลินิกคือ เส้นเลือด MPA ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเท่ากับหรือเล็กกว่า AAo ถือว่าเล็กผิดปกติ และ AAo ที่มีขนาดเท่ากับหรือเล็กกว่า SVC ควรถือว่าขนาดเล็กผิดปกติ หรือ AAo มีขนาดเท่ากับ descending aorta ก็ถือว่าขนาดเล็กผิดปกติเช่นกัน ตัวอย่างสำคัญที่พบได้บ่อยของการที่เส้นเลือด AAo โตกว่า MPA ได้แก่ tetralogy of Fallot (TOF) หรือ pulmonary stenosis เป็นต้น



ลำดับการเรียงตัวของเส้นเลือด (arrangement)

ในทารกปกติ MPA อยู่ข้างซ้าย ascending aorta(AAo)/aortic arch(AoA) อยู่กลาง และ SVC อยู่ขวาสุด การเรียงตัวไม่ปกติอาจพบได้ในกรณี transposition of great arteries (TGA) หรือ double outlet of right ventricle (DORV) เป็นต้น

จำนวนของเส้นเลือด (number of vessels) :

ในทารกปกติจะมีเส้นเลือด 3 เส้นในวินนี้ แต่ในภาวะผิดปกติจำนวนมากจะมีจำนวนเปลี่ยนไป เช่น กรณีที่มี left SVC จะมี SVC ทางข้างซ้าย เพิ่มขึ้นอีกหนึ่งเส้น ซึ่งถ้าใส่ทศทางการไหลของเลือดจะสามารถติดตามไปเข้าหัวใจผ่านทาง coronary sinus บางครั้ง เห็น azygos vein ที่ขยายขนาดใหญ่ขึ้นในกรณี heterotaxy หรือ anomalous venous return เป็นต้น ในความผิดปกติของหัวใจหลายอย่างจะเห็นเส้นเลือดเพียงสองเส้น โดยเส้นเลือดแดงใหญ่เหลือเพียงเส้นเดียว เช่น truncus arteriosus โดยเฉพาะในวิน 3VT ในราย interrupted aortic arch หรือ ductal atresia จะเห็นเส้นแดงใหญ่เพียงเส้นเดียว เป็นต้น

แนวการเรียงตัวของเส้นเลือด (alignment):

การเรียงตัวปกติจากซ้ายไปขวาคือ MPA, AAo และ SVC จะเรียงตัวกันเป็นเส้นตรง จากขวาที่ค่อนข้างด้านหลัง (right-posterior) ไปทางซ้ายค่อนข้างหน้า (left-anterior) ในความผิดปกติของหัวใจหลายอย่าง แนวการเรียงตัวเสียไป ไม่เป็นเส้นตรงตามปกติ ซึ่งที่พบได้บ่อย ๆ ได้แก่ ใน transposition of great arteries (TGA), double outlet of right ventricle

(DORV) หรือ subarterial malalignment ventricular septal defect(VSD) เป็นต้น

ตำแหน่งซ้ายขวาของเส้นเลือดใหญ่ :

ในทารกปกติเส้นเลือดแดงใหญ่ทั้งสอง ไปเทรวมกันที่ descending aorta ในระดับ 3VT ซึ่งอยู่ทางด้านซ้ายของกระดูกสันหลัง โดยสังเกตได้ง่าย คือ รวมกันทางด้านซ้ายของ trachea ในความผิดปกติหลายอย่างมี right aortic arch ซึ่งพบได้ประมาณร้อยละ 25-30 ของรายที่เป็น TOF จะเห็น AoA เทเข้า descending aorta ทางด้านขวาของ trachea ในบางกรณี ductal arch เทเข้าทางด้านซ้าย แต่ AoA เทเข้าทางด้านขวา ทำให้เกิดลักษณะจำเพาะที่เรียกว่า vascular ring เป็นต้น

ทิศทางการไหลเวียนเลือดในแต่ละเส้น :

เส้นเลือดแดงใหญ่ทั้งสองเส้นจะมี forward flow เข้าสู่ descending aorta (รูปที่ 7-4) แต่จะพบ reversed flow ในบางความผิดปกติ เช่น reversed flow ใน aortic arch พบได้บ่อยในกรณี aortic stenosis, hypoplastic left heart หรือ coarctation of aorta ที่รุนแรง เป็นต้น reversed flow ใน ductal arch พบได้บ่อยในราย pulmonary stenosis หรือในบางรายของ tetralogy of Fallot หรือ Ebstein's anomaly

ความเร็วของการไหลเวียนเลือด : การตรวจวัด peak systolic velocity (PSV) ในบางรายอาจช่วยให้มีความมั่นใจการวินิจฉัยในบางโรคได้ เช่น PSV ใน ductus arteriosus สูงมากในราย stenosis เป็นต้น



รูปที่ 7-4 ตัวอย่างภาพ color flow mapping แสดงการไหลเวียนเลือดปกติในระดับ ductal arch, 3VT และ aortic arch



ตัวอย่างรายงานจากประสบการณ์เบื้องต้น ของทีมงานผู้เขียน (รูปที่ 7-5 ถึง 7-28)

ได้ทำการศึกษาประโยชน์การใช้ 3VV ในการวิเคราะห์โรคหัวใจทรวงอกในครรภ์ โดยทำการศึกษาไปข้างหน้าในรายที่วินิจฉัยทารกมีหัวใจพิการโดยกำเนิดในช่วง มกราคม 2000 ถึง กุมภาพันธ์ 2009 ซึ่งทุกรายได้ทำการตรวจ 4CV, 5CV, และ c3VV โดยในการตรวจนี้เก็บข้อมูลสำคัญในการตรวจ c3VV คือ

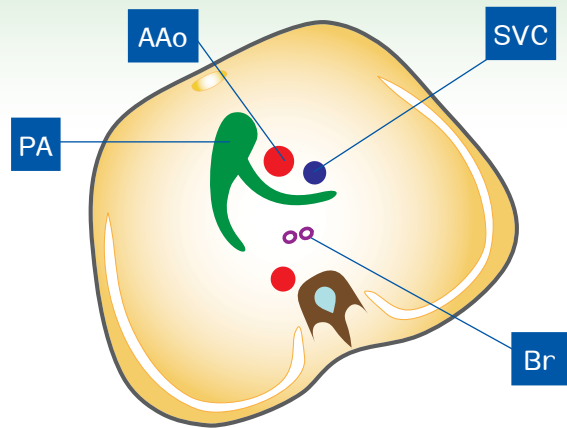
1. *abnormal alignment;*
2. *abnormal arrangement;*
3. *abnormal vessel size;*
4. *abnormal number of vessels;*
5. *abnormal aortic arch sidedness; และ*
6. *abnormal color flow mapping (reversed or turbulent)*

พบว่าจากการทำการตรวจ 118 ราย ที่วินิจฉัยหัวใจพิการโดยกำเนิด มีอยู่ 12 รายซึ่งถูกตัดออกจากการนำมาวิเคราะห์เนื่องจากผลการวินิจฉัยขั้นสุดท้ายไม่แน่นอนพบว่า 75 รายมีความผิดปกติของ c3VV อย่างน้อยหนึ่งอย่าง โดย c3VV มีอัตราการตรวจพบความผิดปกติได้กว่าร้อยละ 70 ของทารกหัวใจพิการ ถ้าไม่รวมรายที่มีความผิดปกติเฉพาะ VSD จะมีอัตราการตรวจพบเพิ่มเป็นร้อยละ 89 ประมาณสองในสามของทารกที่เป็น tetralogy of Fallot (TOF) จะแสดงความผิดปกติของ c3VV โดยเฉพาะขนาดความไม่ได้สัดส่วนของ MPA กับ AAO ทุกรายของ transposition of great artery (TGA), aortic stenosis, pulmonary stenosis, truncus arteriosus และ ductal aneurysm แสดงความผิดปกติของ c3VV นอกจากนี้ความผิดปกติของ c3VV ยังสามารถเห็นได้ในเกือบทุกรายของ double-outlet right ventricles (DOVR), Ebstein's anomaly และ tricuspid atresia ในบรรดาทารกหัวใจพิการทั้ง 75 รายที่มีความผิดปกติของ c3VV บางรายมีหลายความผิดปกติอยู่ เช่น DORV มักจะพบว่ามีการเรียงลำดับผิดในรายเดียวกันเป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสิ่งที่น่าสนใจได้แก่ การเรียงลำดับผิดปกติของเส้นเลือดทั้งสามเส้นใน 3VV แต่จะเห็นเพียง 2 เส้นในวีว 3VT ซึ่งเกิดใน TGA ทั้ง 5 ราย นอกจากนั้นความผิดปกติของ c3VV ยังตรวจพบ

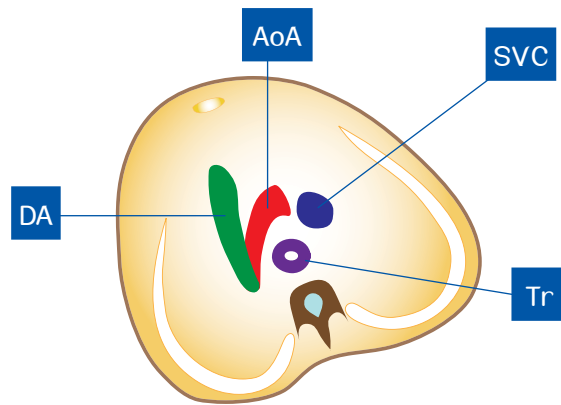
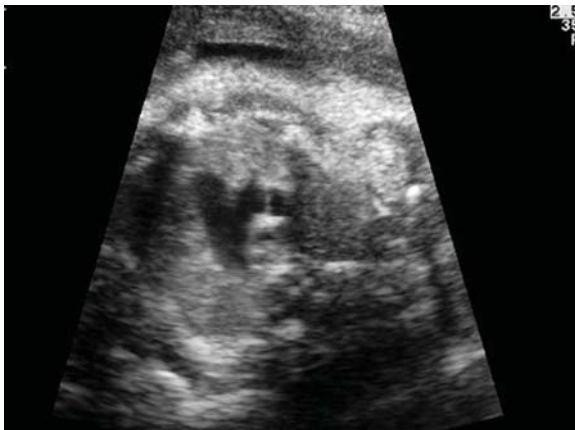
ในทุกรายของ truncus arteriosus และหนึ่งในสามของทารกที่เป็น DORV

หลักฐานความผิดปกติใน c3VV ที่นำไปสู่ การวินิจฉัยโรคบ่อย ๆ ได้แก่

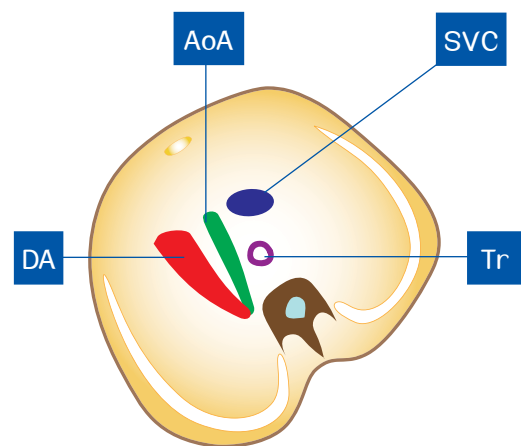
- การหายไปของเส้นเลือดใหญ่หนึ่งเส้น ซึ่งอาจเป็น pulmonary หรือ aorta สามารถเห็นได้ง่ายจาก c3VV ซึ่งจะชวนให้สงสัยถึงภาวะ truncus arteriosus, TOF ที่มี pulmonary atresia หรือ pulmonary stenosis ที่เล็กมาก ๆ
- การเรียงลำดับผิดไปจากปกติและเห็นได้ชัดทั้งสามเส้นที่ใน 3VV แต่เห็นเพียงสองเส้นใน 3VT มีโอกาสสูงที่จะเป็น TGA ซึ่งใน 3VT มักจะเห็นเพียง aortic arch เนื่องจาก ductal arch จะออกมาจาก pulmonary trunk ที่อยู่ทางด้านหลังกว่าปกติ และอยู่ใต้ต่อ aortic arch
- การพบแนวการเรียงตัวผิดปกติ โดยที่มี anterior AAO ในวีว 3VV พบได้แทบทุกรายของทารกที่เป็น TGA
- การตรวจพบเส้นเลือดใหญ่ 4 เส้น มักจะเกิดจาก persistent left SVC เป็นความผิดปกติที่ตรวจได้ง่าย แต่มักจะส่อความผิดปกติรุนแรงซ่อนอยู่ด้วย^(1;3;9)
- โดยทั่วไปแล้วการตรวจพบ right aortic arch อาจจะทำให้ยากในการวินิจฉัยก่อนคลอด แต่ 3VT จะช่วยให้การวินิจฉัยง่ายขึ้นมาก ซึ่งแสดงให้เห็นได้ด้วยความสัมพันธ์กับ trachea ก็จะสามารถให้การวินิจฉัยได้ถ้าอยู่ข้างซ้ายของ trachea ซึ่งมักจะมีแนวทอดทำมุมกับ ductal arch เป็นรูปตัว V จะเป็น left aortic arch ที่พบเป็นปกติ แต่ในรายที่ aortic arch อยู่ทางขวาของ trachea หรือ right aortic arch จะมีแนวการทอดเชื่อมกับ ductal arch เป็นรูปตัว U โดยคล้อง trachea อาจจะเรียกว่าเป็น vascular ring ซึ่งการพบลักษณะนี้นับว่ามีประโยชน์ในการช่วยวินิจฉัยความพิการโดยกำเนิดหลาย ๆ โรค⁽¹⁰⁻¹⁷⁾ ผู้เขียนพบว่าประมาณหนึ่งในสามของ TOF มี right aortic arch และยังพบว่า vascular ring นี้สัมพันธ์กับ aberrant left subclavian artery
- จากประสบการณ์ของทีมงานผู้เขียน บ่งชี้ว่าการตรวจ c3VV ช่วยให้การวินิจฉัยหัวใจพิการโดยกำเนิดได้มากขึ้น ในทางปฏิบัติผู้เขียนแนะนำว่า



รูปที่ 7-5 3VV: ภาพแบบฉบับของ 3VV ของทารกปกติที่มีการเรียงตัว ลำดับ ขนาด ของเส้นเลือดใหญ่ทั้งสามเส้น (PA = pulmonary artery, AAo = ascending aorta, SVC = superior vena cava และ Br = bronchus)

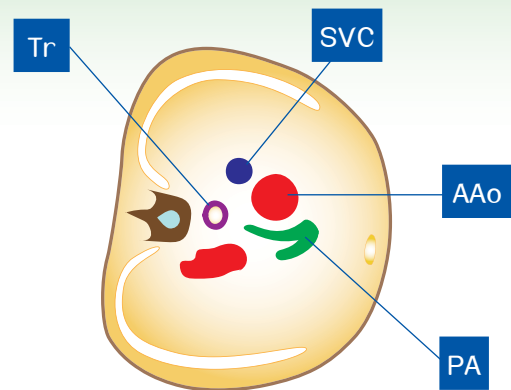


รูปที่ 7-6 3VT: ภาพแบบฉบับของ 3VT ของทารกปกติที่มีการเรียงตัว ลำดับ ขนาด ของเส้นเลือดใหญ่ทั้งสามเส้น และความสัมพันธ์กับ trachea (DA = ductal arch, AoA = aortic arch, SVC = superior vena cava และ Tr = trachea)

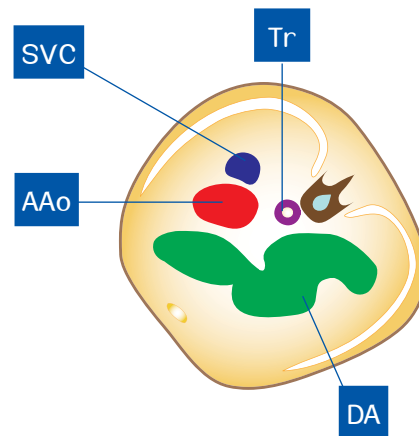


รูปที่ 7-7 3VT: Hypoplastic left heart syndrome : แสดง aortic arch (AoA) ขนาดเล็กเมื่อเทียบกับ ductal arch (DA) (SVC = superior vena cava และ Tr = trachea)

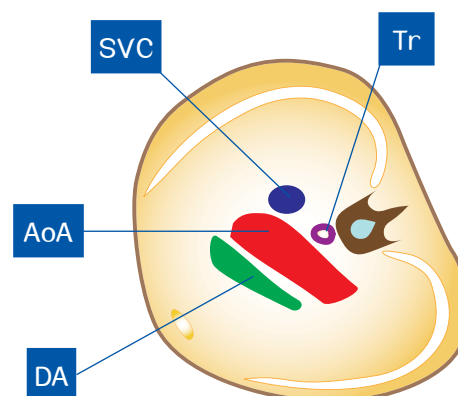




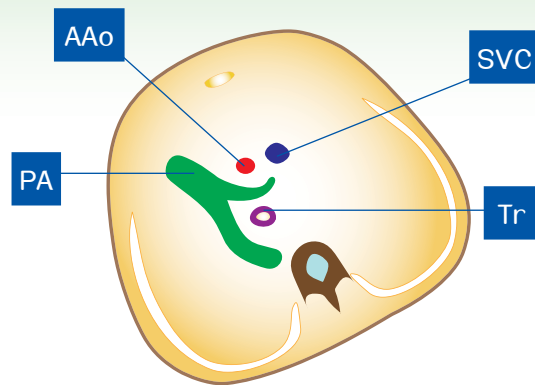
รูปที่ 7-8 3VV: Tetralogy of Fallot (TOF) : แสดง pulmonary artery (PA) ขนาดเล็กเมื่อเทียบกับ ascending aorta (AAo) ซึ่งมีขนาดโตมากขึ้น (SVC = superior vena cava และ Tr = trachea)



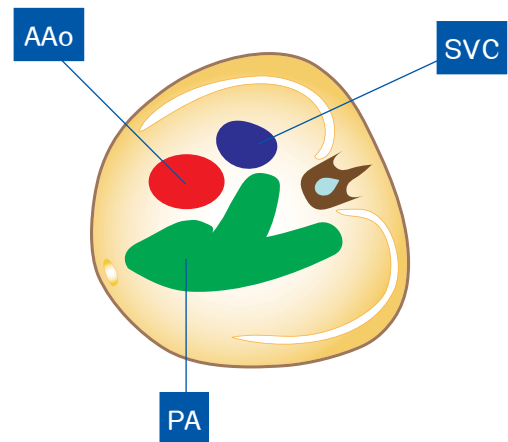
รูปที่ 7-9 TDA: Ductal aneurysm : แสดง ductal arch (DA) ที่มีลักษณะโป่งพอง ขนาดใหญ่มากและมีความคดเคี้ยว ascending aorta (AAo) ก็มีขนาดโตขึ้น แต่ไม่มากเท่า pulmonary artery (PA) (SVC = superior vena cava และ Tr = trachea)



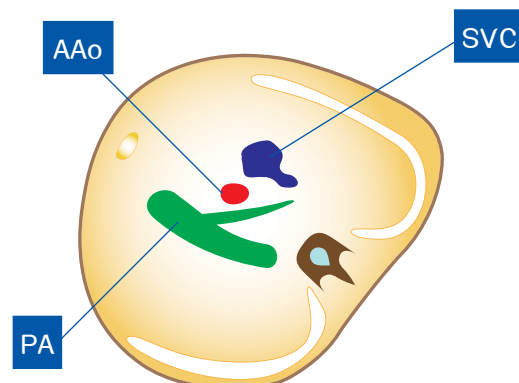
รูปที่ 7-10 3VT: Tetralogy of Fallot (TOF) : แสดง ductal arch (DA) ขนาดเล็กเมื่อเทียบกับ aortic arch (AoA) ซึ่งมีขนาดโตมากขึ้น (SVC = superior vena cava และ Tr = trachea)



รูปที่ 7-11 3VV: Coarctation of aorta ชนิด tubular : แสดง ascending aorta (AAo) ขนาดเล็กเมื่อเทียบกับ pulmonary artery (PA) สังเกตว่าขนาด superior vena cava (SVC) โตกว่า AAO (ในวินาทีภาพจะเหมือน aortic stenosis)(Tr = trachea)

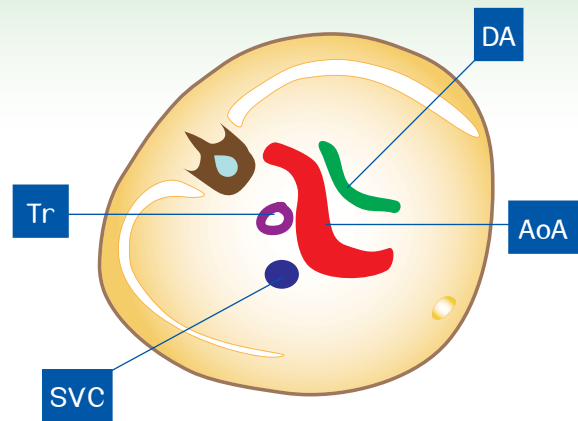


รูปที่ 7-12 3VV: Tetralogy of Fallot (TOF) with pulmonary valve atresia: แสดง pulmonary artery (PA) และ right pulmonary artery (RPA) ขนาดใหญ่มาก เมื่อเทียบกับ ascending aorta (AAo) ซึ่งมีขนาดโตมากขึ้นเช่นกัน (SVC = superior vena cava)

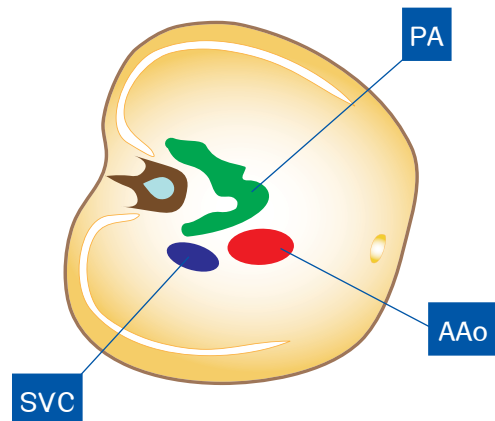


รูปที่ 7-13 3VV: Hypoplastic left heart syndrome : แสดง ascending aorta (AAo) ขนาดเล็กเมื่อเทียบกับ pulmonary artery (PA) สังเกตว่าขนาด superior vena cava (SVC) โตกว่า AAO

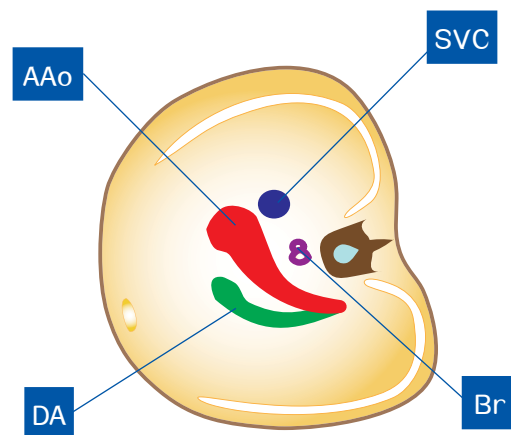




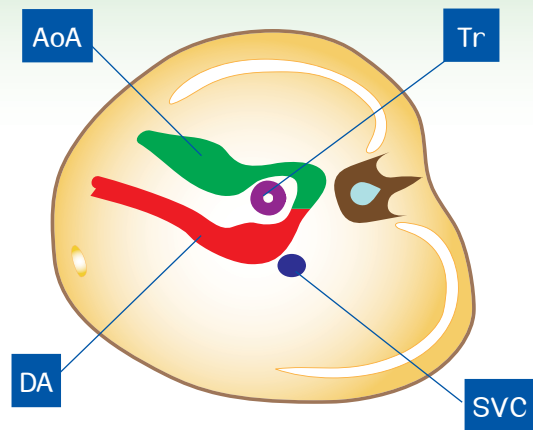
รูปที่ 7-14 3VT: Pulmonary stenosis : แสดง ductal arch (DA) ที่มี ขนาดเล็กมาก เมื่อเทียบกับ ascending aorta (AAo) ที่มีขนาดปกติ (SVC = superior vena cava และ Tr = trachea)



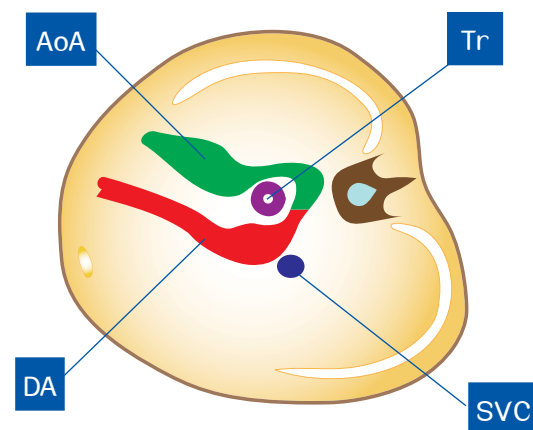
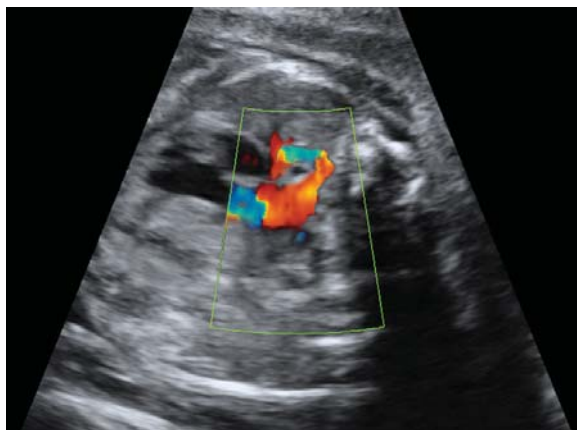
รูปที่ 7-15 3VV: Transposition of great artery (TGA) : แสดงแนวการเรียงตัวของเส้นเลือดทั้งสามผิดไป โดยที่ ascending aorta (AAo) อยู่ในตำแหน่งหน้าต่อ pulmonary artery (PA) ซึ่งแสดงถึงการทอดออกมาจาก right ventricle ที่อยู่ทางด้านหน้าของทรวงอก (SVC = superior vena cava)



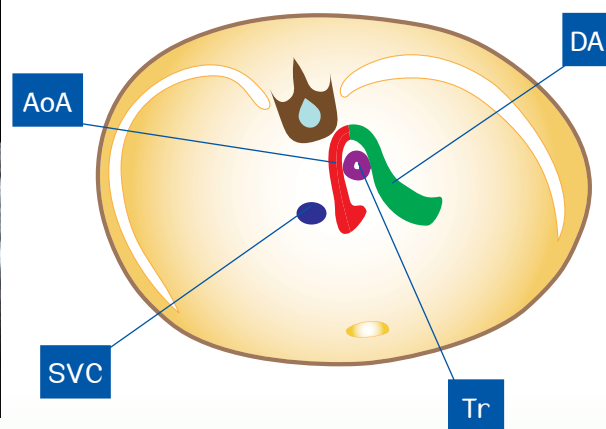
รูปที่ 7-16 3VT: Double outlet right ventricle (DORV) : แสดงแนวการเรียงตัวของเส้นเลือดทั้งสามผิดไป โดยที่ ascending aorta (AAo) อยู่ในตำแหน่งหน้าต่อ pulmonary artery (PA) และรายนี้มีขนาดของ PA เล็กกว่าปกติด้วย (DA = ductal arch, SVC = superior vena cava และ Br = bronchus)



รูปที่ 7-17 3VT: Vascular ring : แสดง ductal arch (DA) ที่มีลักษณะปกติ เทเข้าสู่ descending aorta (DAo) ทางข้างซ้ายของ trachea (Tr) ในขณะที่ aortic arch (AoA) เทเข้า DAo ทางด้านขวาของ trachea ทำให้มี vascular ring

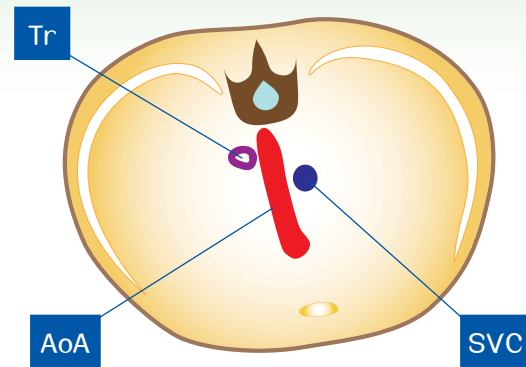


รูปที่ 7-18 3VT: Vascular ring : color flow mapping แสดง ductal arch (DA) เทเข้าสู่ descending aorta (DAo) ทางข้างซ้ายของ trachea (Tr) และ aortic arch (AoA) เทเข้า DAo ทางด้านขวาของ trachea (รายละเอียดกับรูปที่ 7-17)

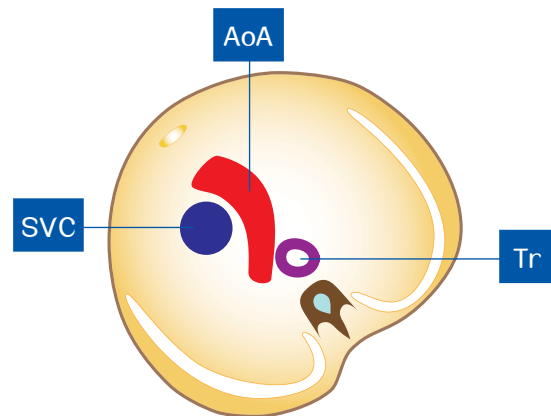


รูปที่ 7-19 3VT: Vascular ring : แสดง ductal arch (DA) ที่มีลักษณะปกติ เทเข้าสู่ descending aorta (DAo) ทางข้างซ้ายของ trachea (Tr) ในขณะที่ aortic arch (AoA) เทเข้า DAo ทางด้านขวาของ trachea ทำให้มี vascular ring ทอดอยู่ข้างหลังของ trachea (ปกติจะไม่มีเส้นเลือดทอดข้างหลังของ trachea)

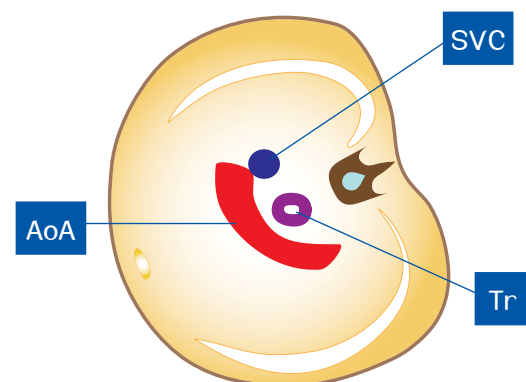




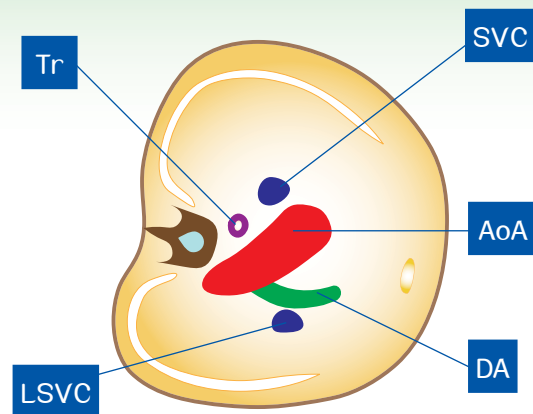
รูปที่ 7-20 3VT: Transposition of great artery (TGA) : แสดง aortic arch (AoA) เทเข้า DAo ทางด้านขวาของ trachea (Tr) คือข้างเดียวกับ superior vena cava (SVC) ไม่เห็น ductal arch (DA) ที่วินนี้



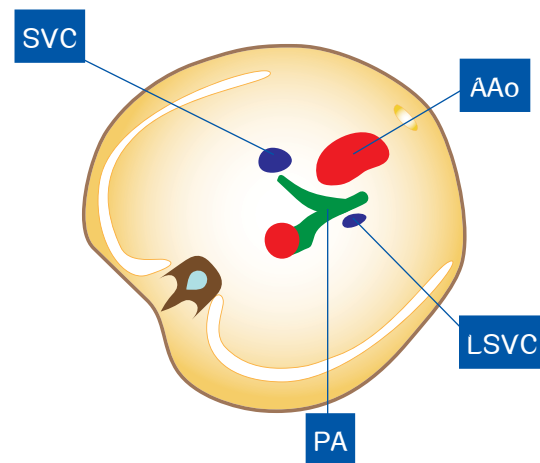
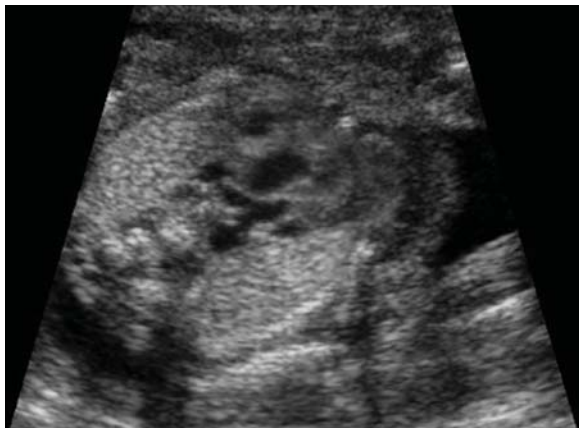
รูปที่ 7-21 TAA: Tetralogy of Fallot (TOF) with right aortic arch (AoA): แสดง AoA เทเข้า DAo ทางด้านขวาของ trachea (Tr) คือข้างเดียวกับ superior vena cava (SVC) ไม่เห็น ductal arch (DA) ที่วินนี้



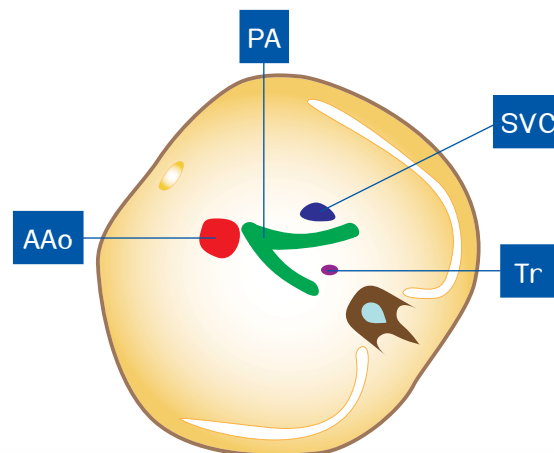
รูปที่ 7-22 3VT: Truncus arteriosus (TA) : แสดงให้เห็นมีเพียง aortic arch (AoA) เทเข้า DAo โดยที่ไม่มี ductal arch (DA) ที่ควรจะเห็นในวินนี้ (SVC = superior vena cava และ Tr = trachea)



รูปที่ 7-23 3VT: Pulmonary stenosis : แสดง ductal arch (DA) ที่มีขนาดเล็กมาก เมื่อเทียบกับ aortic arch (AoA) ที่มีขนาดค่อนข้างโต และมี persistent left superior vena cava (LSVC) (SVC = superior vena cava และ Tr = trachea)

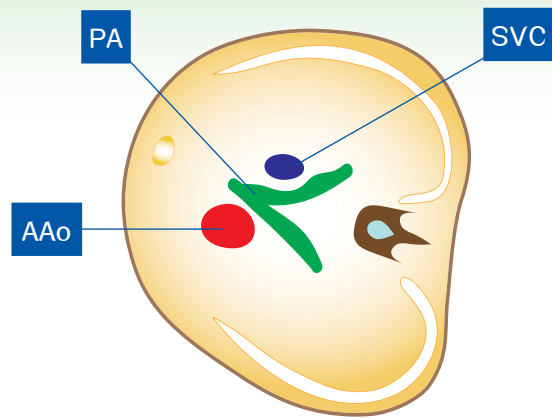


รูปที่ 7-24 3VT: Double outlet right ventricle (DORV) : แสดงแนวการเรียงตัวของเส้นเลือดทั้งสามผิดไป โดยที่ ascending aorta (AAo) อยู่ในตำแหน่งหน้าต่อ pulmonary artery (PA) ซึ่งมีขนาดของ PA เล็กกว่าปกติด้วย และมี persistent left superior vena cava (LSVC)

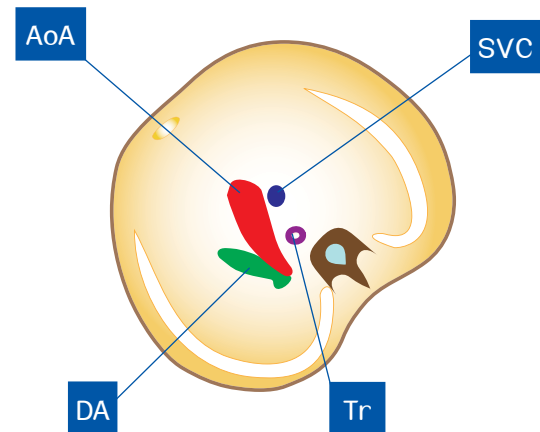
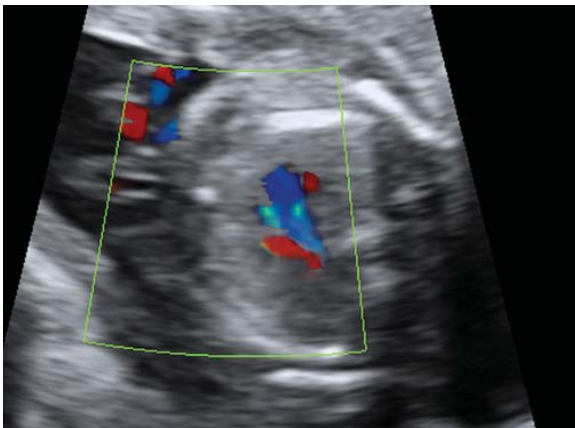


รูปที่ 7-25 3VT: Transposition of great artery (TGA) : แสดงการเรียงลำดับผิดตำแหน่งโดยที่ ascending aorta (AAo) อยู่ด้านหน้าและซ้ายสุด และมี pulmonary artery (PA) ซึ่งมีขนาดเล็กอยู่ตรงกลาง (SVC = superior vena cava และ Tr = trachea)

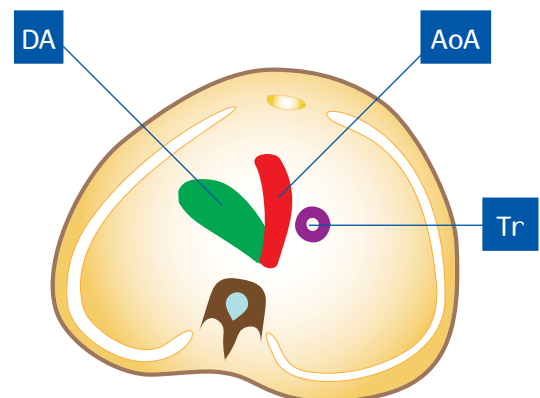




รูปที่ 7-26 3VV: Transposition of great artery (TGA) : แสดงการเรียงลำดับผิดตำแหน่งโดยที่ ascending aorta (AAo) อยู่ด้านหน้าและซ้ายสุด และมี pulmonary artery (PA) ซึ่งมีขนาดเล็กอยู่ตรงกลาง



รูปที่ 7-27 3VT: Tetralogy of Fallot (TOF) : color flow mapping แสดง retrograde flow ใน ductal arch (DA) ซึ่งในรายนี้มี pulmonary stenosis (AoA = aortic arch, SVC = superior vena cava และ Tr = trachea)



รูปที่ 7-28 3VT: Hypoplastic left heart syndrome (HLHS) : color flow mapping แสดง retrograde flow ใน aortic arch (AoA) ซึ่งมีขนาดเล็ก (DA = ductal arch และ Tr = trachea)

c3VV เป็นการสำรวจเส้นเลือดในส่วนบนของทรวงอกได้อย่างทั่วถึง เป็นไดนามิกควิว ที่ให้ข้อมูลครบถ้วนมากกว่าเพียงการตรวจ 3VV หรือ 3VT เพียงอย่างเดียว ผู้เขียนแนะนำว่าในการตรวจคัดกรองด้วย 2D-US ถ้าเป็นไปได้ควรตรวจภาพตัดขวาง 3 ไดนามิกเพลนสำคัญ คือ

- 4CV เช็คว่าความปกติตามเกณฑ์มาตรฐาน
- 5CV ซึ่งควรรวมการแสดง criss-cross action ในการแสดง outflow tract ทั้งซ้ายขวา และ aortic valve และ pulmonary valve
- c3VV ซึ่งควรได้เห็นรูปแบบหรือความสัมพันธ์ของเส้นเลือดทั้งสามเส้นเหนือระดับหัวใจขึ้นไปจนทะลุเข้าสู่ descending aorta ซึ่งคือการรวมทั้ง 3VV, TDA, TAA และ 3VT เข้าด้วยกัน

ข้อพึงระวัง ความผิดปกติเดี่ยว ๆ ในหัวใจ บางรายอาจไม่แสดงความผิดปกติของ c3VV ได้ โดยเฉพาะ isolated ventricular septal defect หรือ atrial septal defect เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

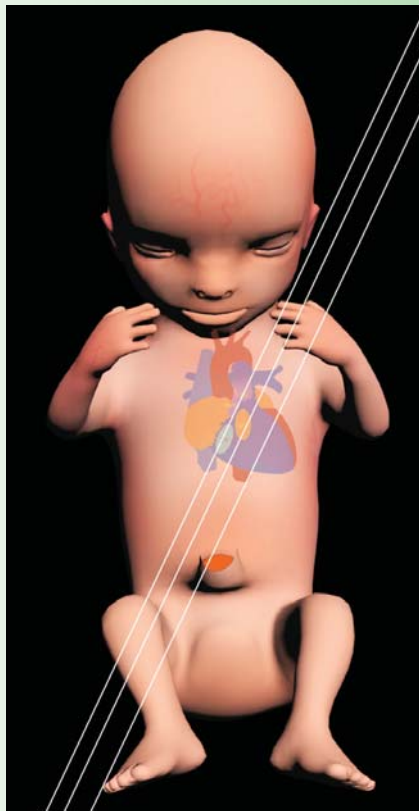
- 1) Yoo SJ, Lee YH, Kim ES, Ryu HM, Kim MY, Choi HK, et al. Three-vessel view of the fetal upper mediastinum: an easy means of detecting abnormalities of the ventricular outflow tracts and great arteries during obstetric screening. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1997 Mar;9(3):173-82.
- 2) Yagel S, Arbel R, Anteby EY, Raveh D, Achiron R. The three vessels and trachea view (3VT) in fetal cardiac scanning. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002 Oct;20(4):340-5.
- 3) Yoo SJ, Lee YH, Cho KS, Kim DY. Sequential segmental approach to fetal congenital heart disease. *Cardiol Young* 1999 Jul;9(4):430-44.
- 4) Yoo SJ, Lee YH, 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 Mar;172(3):825-30.
- 5) 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 Oct;22(4):358-67.
- 6) Tongsong T, Tongprasert F, Srisupundit K, Luewan S. The complete three-vessel view in prenatal detection of congenital heart defects. *Prenat Diagn* 2010 Jan;30(1):23-9.
- 7) Yagel S, Cohen SM, Achiron R. Examination of the fetal heart by five short-axis views: a proposed screening method for comprehensive cardiac evaluation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2001 May;17(5):367-9.
- 8) Moon MH, Cho JY, Park EJ, Min JY, Kim JA, Jung SI, et al. Three-vessel view of the fetal heart: in utero development of the great vessels. *Prenat Diagn* 2007 Feb;27(2):158-63.
- 9) Vinals F, Ascenzo R, Poblete P, Comas C, Vargas G, Giuliano A. Simple approach to prenatal diagnosis of transposition of the great arteries. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006 Jul;28(1):22-5.
- 10) Achiron R, Rotstein Z, Heggesh J, Bronshtein M, Zimand S, Lipitz S, et al. Anomalies of the fetal aortic arch: a novel sonographic approach to in-utero diagnosis. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002 Dec;20(6):553-7.
- 11) Berg C, Bender F, Soukup M, Geipel A, xt-Flidner R, Breuer J, et al. Right aortic arch detected in fetal life. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006 Dec;28(7):882-9.
- 12) Bronshtein M, Lorber A, Berant M, Auslander R, Zimmer EZ. Sonographic diagnosis of fetal vascular rings in early pregnancy. *Am J Cardiol* 1998 Jan 1;81(1):101-3.
- 13) Chaoui R, Schneider MB, Kalache KD. Right aortic arch with vascular ring and aberrant left subclavian artery: prenatal diagnosis assisted by three-dimensional power Doppler ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2003 Dec;22(6):661-3.
- 14) Gardiner HM. Mind the gap! What we don't know about right aortic arches and aberrant branches. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006 Dec;28(7):868-9.
- 15) Patel CR, Lane JR, Spector ML, Smith PC. Fetal echocardiographic diagnosis of vascular rings. *J Ultrasound Med* 2006 Feb;25(2):251-7.
- 16) Yoo SJ, Min JY, Lee YH, Roman K, Jaeggi E, Smallhorn J. Fetal sonographic diagnosis of aortic arch anomalies. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2003 Nov;22(5):535-46.
- 17) Zidere V, Tsapakis EG, Huggon IC, Allan LD. Right aortic arch in the fetus. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006 Dec;28(7):876-81.



บทที่ 8

วิวัดเฉียงของทรวงอกทารก

Oblique View of the Thorax



บทนำ.....	115
long axis ของ RVOT.....	115
short axis ของ LV.....	119
ตัวอย่างความผิดปกติของหัวใจ.....	120
เอกสารอ้างอิง.....	124



Oblique View (วิวตัดเฉียง) ของทรวงอกทารก การตรวจวิวเฉียงของทารก ซึ่งเป็น short-axis view ของหัวใจ เป็นวิวที่ AIUM แนะนำให้ตรวจ แบ่งออกเป็น Low for ventricles และ High for outflow tracts⁽¹⁾ (รูปที่ 8-1)

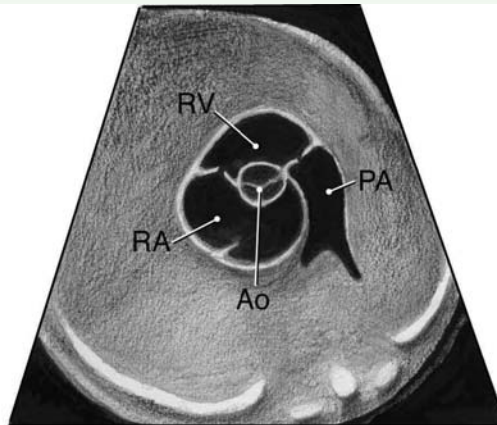
Long-axis ของ RVOT

High short axis-view ของหัวใจ จัดว่าเป็น วิว long-axis ของ right ventricular outflow tract (RVOT) ก็ได้ หรือจัดว่าเป็น high short-axis view ของหัวใจ⁽¹⁾ เป็นวิวที่ใกล้เคียงกันมากกับวิว long axis ของ ductal arch (DA) แต่เห็นรายละเอียดปลีกย่อย แตกต่างกันไป ใน long-axis ของ DA เป็นวิวด้านข้าง (parasagittal) ที่ตัดเฉียงจากด้านหน้าค่อนขวาไป ยังด้านหลังค่อนซ้ายของทรวงอก แต่วิว RVOT นี้จะ เอียงสูงขึ้นจากเพลาณดังกล่าวอีกเล็กน้อย (รูปที่ 8-2)

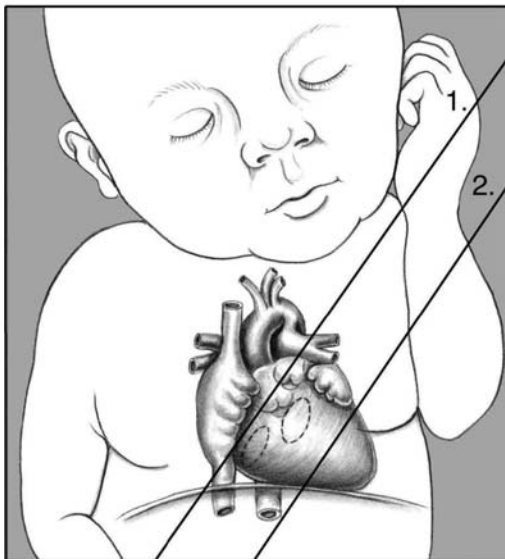
- เทคนิคในการหาเพลาณนี้ทำได้หลายวิธี อาจใช้เทคนิค หมุนบิดหัวตรวจต่อจาก long-axis view ของ DA ต่อไปทางซ้ายอีกเล็กน้อย แนวตัดเฉียงจะผ่านจาก ด้านข้างกระดูกเชิงกรานขวาของทารกไปยังไหล่ ซ้ายของทารก หรืออาจใช้เทคนิคหาเพลาณ 5CV ก่อน แล้วขยับปรับหัวตรวจให้เห็น ascending aorta (AAo) ตามแนวยาว ปรับให้เห็นตำแหน่ง aortic valves ให้ชัดเจน แล้วปรับหัวตรวจลาก aortic valves ไว้ที่กลางจอสกรีน หมุน 90 องศา แล้วปรับ ให้เห็นรายละเอียดปลีกย่อย (รูปที่ 8-3)
- โดยเพลาณนี้อาจกล่าวว่าเป็น short-axis ของหัวใจ ที่ระดับฐานหัวใจก็ได้ แต่เป็นวิวเฉียงของทรวงอก (oblique) เพลาณนี้จะไม่เห็น DA ตามแนวยาว

ตลอดแนว แต่เน้นรายละเอียดของ RVOT และ pulmonary artery(PA) ที่ออกจากหัวใจ ให้ภาพรวมที่เห็นการไหลเวียนซีกขวา วนผ่านรูกลมหน้า ตัดของ ascending aorta ดูเป็นรูปวงแหวนที่บาง ทานเรียก doughnut view โดยเห็น left atrium (LA), interatrial septum (IAS), right atrium (RA), tricuspid valves (TV), right ventricle (RV), pulmonic valves (PV), main pulmonary artery (MPA), right pulmonary artery (RPA), ductal arch (DA) นับว่าเป็นเพลาณที่ให้ข้อมูลสำคัญ ได้มาก และเป็นเพลาณที่เหมาะสมสำหรับการวัดขนาด ของเส้นเลือดใหญ่ (MPA และ AAo) และยังเป็น วิวที่แสดงการไหลเวียนของ inflow และ outflow ที่ตีวงกว้าง (ทำมุมกันราว 90 องศา) ผ่านออกไป ทาง MPA ดูคล้ายรูปตัว “U” ที่โค้งกว้าง ในขณะที่ ข้างซ้าย inflow และ outflow ที่เข้ามาทาง mitral valves และออกไปทาง AAo จะดูคล้ายรูปตัว “V”

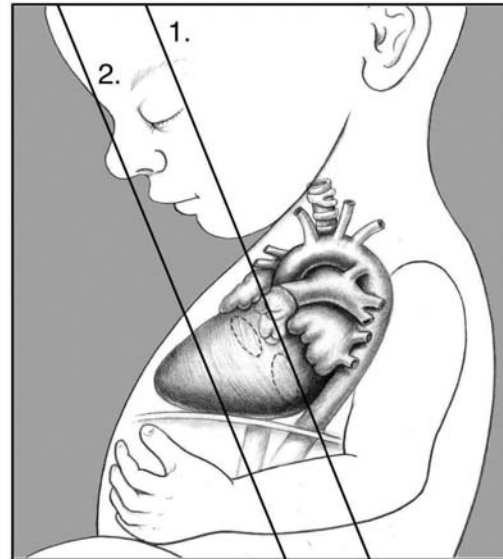
■ วิวนี้สามารถประเมินการปิด/เปิดลิ้นหัวใจได้หลาย ตำแหน่งพร้อม ๆ กัน ได้แก่ การปิดเปิดของ aortic valves, pulmonic valves, tricuspid valve, flap ของ foramen ovale และที่หน้าตัดของ Aortic root เห็นการปิดเปิดของ aortic valves ในการ ตรวจด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ที่ให้รายละเอียดสูง จะสามารถตรวจดู bicuspid valve ของ aorta ได้ ดีที่วิวนี้ และความสมบูรณ์ของ membranous part ของ interventricular septum ซึ่งกั้นระหว่าง aortic root กับ RVOT โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการใช้ color flow mapping เข้ามาช่วย รวมถึงการปิด/ เปิดของลิ้น pulmonary artery ก็สามารถประเมิน ได้ดีในวิวนี้ด้วย ในจังหวะ systole ของหัวใจปกติ จะเห็นเป็นทอโง่ง โดยที่ลิ้นแนบชิดไปกับผนังหลอด



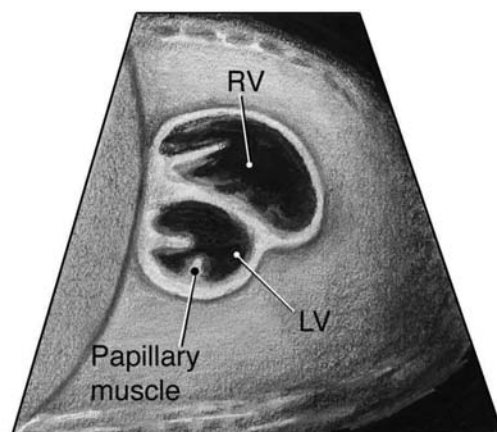
1. High Short Axis View - Great Arteries



Fetal Heart - Coronal View



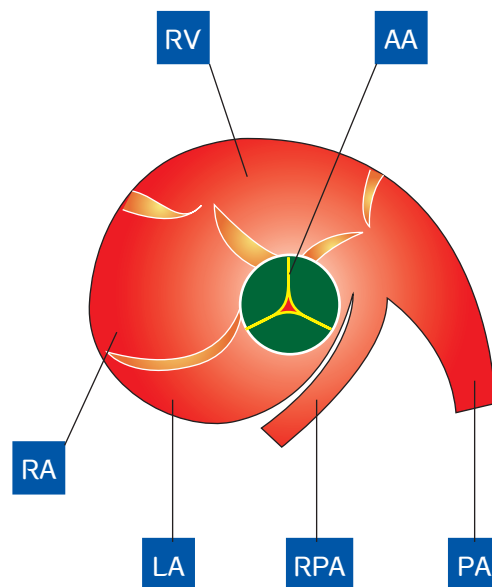
Fetal Heart - Sagittal View



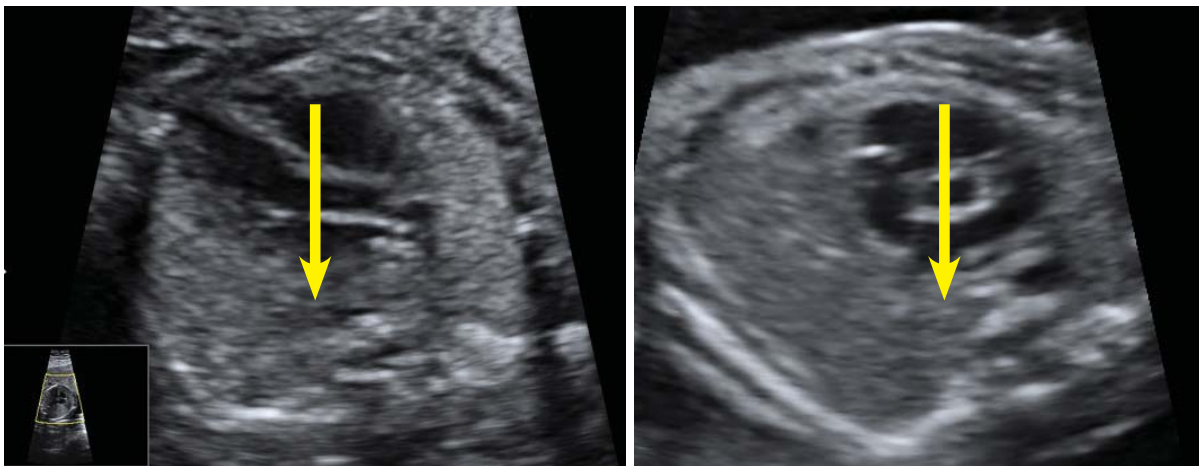
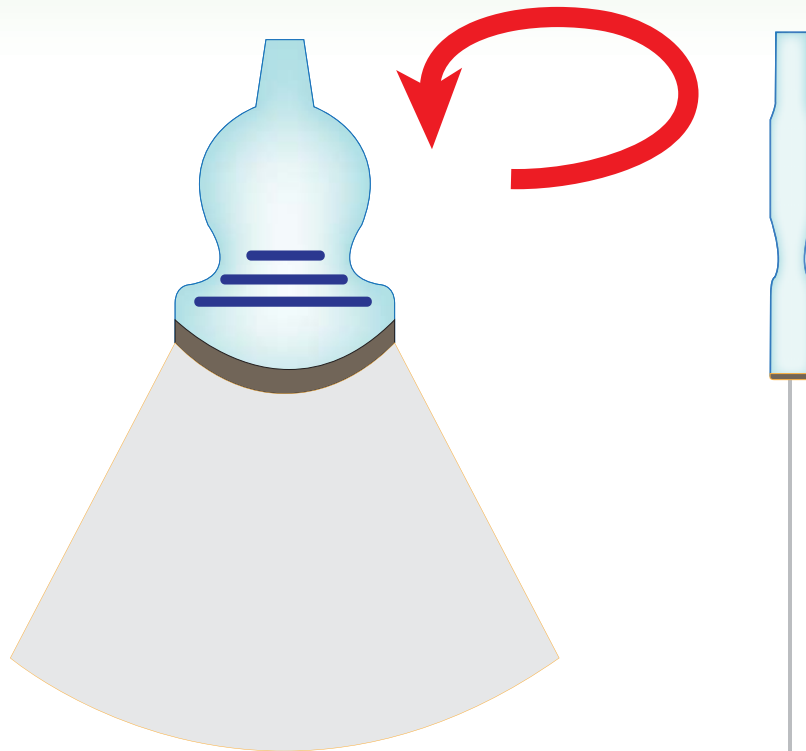
2. Low Short Axis View - Ventricles

รูปที่ 8-1 ภาพแสดงวิธี Low และ high short-axis views of the fetal heart (Ao = aortic valve, LV = left ventricle, PA = pulmonary artery, RA = right atrium และ RV = right ventricle) (ที่มา : AIUM practice guideline for the performance of fetal echocardiography. J Ultrasound Med 2011 Jan;30(1):127-36.)





รูปที่ 8-2 Long-axis view of right ventricular outflow tract (LRVOT) ที่เป็นแบบฉบับ แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง left atrium (LA), right atrium (RA), right ventricle (RV), pulmonary artery (PA), right pulmonary artery (RPA) และ aortic valve annulus (AA)



รูปที่ 8-3 เทคนิคในการตรวจ right ventricular outflow tract (RVOT) จาก left ventricular outflow tract (LVOT) โดยการปรับหมุนหัวตรวจประมาณ 70-90 องศา โดยเริ่มจากการปรับให้ตำแหน่ง aortic valve ของวิว LVOT อยู่ตำแหน่งกลางจอสกรีน และหมุนหัวตรวจโดยคงสภาพให้ aortic valve อยู่ตำแหน่งเดิม เทคนิคนี้จะช่วยให้สำรวจความต่อเนื่องของผนังกัน outflow tract ทั้งสอง และความสัมพันธ์ของ aortic และ pulmonary root ได้เป็นอย่างดี





รูปที่ 8-4 Long-axis view of right ventricular outflow tract (LRVOT) แสดงช่วงขณะ end-diastole (รูปซ้าย) และขณะ end-systole (รูปขวา)

เลือด main pulmonary artery (รูปที่ 8-4)

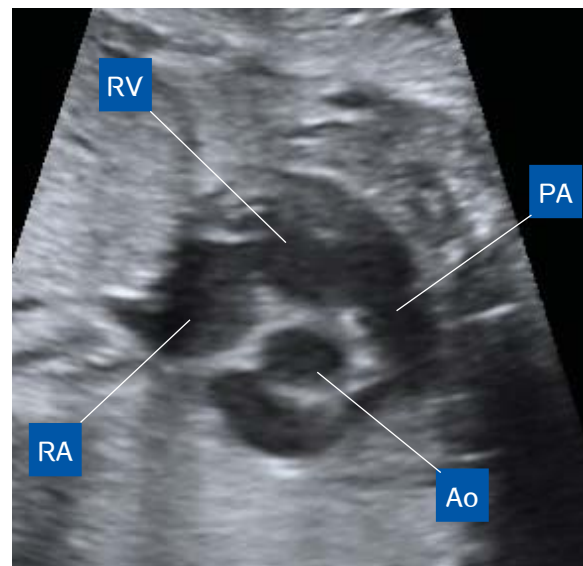
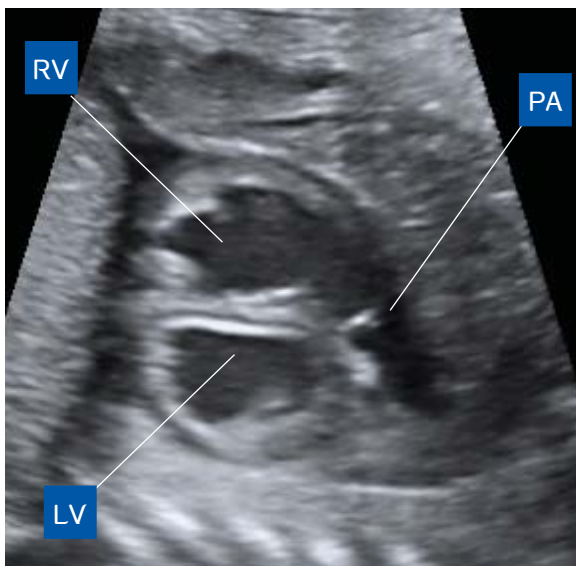
- color flow mapping มีประโยชน์ในการการประเมิน inflow และ outflow รวมทั้งการปิดเปิด pulmonic valve ได้เป็นอย่างดีในวิธีนี้ เนื่องจากสามารถแสดงการไหลเวียนเลือดผ่าน right ventricle ได้ในเวลาเดียวกัน ในจังหวะ diastole จะเห็น inflow ผ่าน tricuspid valve เข้าสู่ right ventricle ทำให้เห็นสีใน right ventricle เด่นมากในจังหวะนี้ ซึ่งเป็นจังหวะที่ไม่มีสีใน RVOT, MPA และ aorta พอถึงระยะ systole สีที่เห็นใน right ventricle จะหายไป แต่เห็นสีในทิศทางตรงกันข้ามกับ inflow ออกทาง RVOT
- color flow mapping ยังช่วยในการยืนยัน ventricular septal defect (VSD) ที่ membranous part ของ interventricular septum ดังที่กล่าวมาข้างต้น ในจังหวะ systole เห็นเลือดผ่านเข้าไปใน aorta พร้อมกับผ่านออกทาง MPA พร้อม ๆ กัน (ทั้งนี้ต้องปรับระดับ setting ของ color flow ให้เหมาะสม ซึ่งต้องใช้ high-flow) โดยให้สังเกตตำแหน่งที่ aorta แยกกับ right ventricle color flow mapping ยังสามารถแสดงการไหลย้อนกลับที่ pulmonic valve ในรายที่เป็น pulmonary atresia ได้ด้วย

Short-axis ของ LV

เป็นวิธีที่ตั้งฉากกับวิธี long-axis ของ left ventricle จะเห็นเป็นภาพหน้าตัดของ ventricle ทั้งซ้ายและขวา ในวิธีเดียวกัน จัดว่าเป็น low short-axis view ของหัวใจ⁽¹⁾ (รูปที่ 8-5, 6) เป็นวิธีที่มีประโยชน์มากในการประเมินชนิดของ atrioventricular connection และการผิดสัดส่วนกันของ ventricles ทั้งสอง พร้อมทั้ง atrioventricular valves⁽²⁾ เนื่องจากหัวใจปกติมีแนวแกนค่อนข้างขนานกับแนวราบหรือแนวตัดขวางทรวงอก วิธีนี้จึงมีแนวค่อนข้างไปตามแนวยาว โดยเป็นภาพหน้าตัดที่ผ่านจากเชิงกรานด้านขวาไปยังหัวไหล่ด้านซ้ายของทารก ซึ่งเทคนิคในการตรวจวิธีนี้อาจทำได้โดยการขยับหัวตรวจจากวิธี RVOT เลื่อนออกไปทางซ้าย ซึ่งดูได้หลายระดับ หรือตั้งต้นจาก 4CV แล้วพยายามปรับให้แนว interventricular septum ขนานกับแนวราบ แล้วปรับเลื่อนให้ interventricular septum อยู่กลางจอภาพ แล้วหมุนบิดหัวตรวจไปประมาณ 90 องศา จะได้ภาพตัดขวางของ ventricles ทั้งสอง ในการตรวจครั้งเดียวกันสามารถตรวจตั้งแต่ฐานถึงยอดโดยการขยับเลื่อนหัวตรวจในเพลนที่ขนานกันไป ในระดับที่ใกล้ยอดหัวใจ จะเห็น ventricle ทั้งสองข้างในภาพตัดขวาง วางอยู่เหนือแนวกระดูกบังลม และมี muscular interventricular septum กันทั้งสองข้าง ในภาพนี้ right ventricle จะดูเป็นรูปครึ่งวงกลม อยู่ด้านหน้า-บน ส่วน left ventricle อยู่ด้านหลัง มีกล้ามเนื้อที่ดูหนากว่าและกลมกว่า เมื่อขยับหัวตรวจเข้าหาระดับฐาน (ไปทางด้านขวาของ



รูปที่ 8-5 Short-axis view of ventricles : แสดงภาพตัดขวางของ ventricles ทั้งสองข้างในขณะที่หัวใจบีบตัว (รูปซ้าย) และคลายตัว (รูปขวา) (LV = left ventricle, RV = right ventricle)



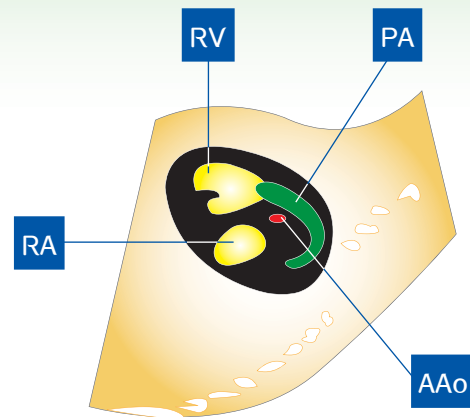
รูปที่ 8-6 ภาพตัดขวางของ ventricles ทั้งสองข้างที่ระดับเหนือขึ้นไปจากรูป 8-5 เข้าใกล้ฐานของหัวใจแสดงตำแหน่งทางออกของ pulmonary artery (PA) (รูปซ้าย) และสูงขึ้นไปอีกเล็กน้อยกลายเป็น long-axis view of right ventricular outflow tract (รูปขวา) (Ao = aortic root, LV = left ventricle, RA = right atrium, RV = right ventricle)

ทารก) ก็จะเห็นทั้ง tricuspid และ mitral valves ซึ่งมีลักษณะจำเพาะที่ต่างกัน คือ tricuspid valve มีสามกลีบ และมีส่วนเกาะกับผนังด้าน interventricular septum ส่วน mitral valve มีสองกลีบ ไม่มีส่วนเกาะติดกับ interventricular septum ในการตรวจ color flow mapping จะสำรวจ interventricular septum ได้ตลอดแนว ซึ่งเฟลนนี้จะช่วยในการวินิจฉัย ventricular septal defect ส่วน muscular part ได้ดี โดยเฉพาะเมื่อปรับให้ลำเสียงตั้งฉากกับ interventricular septum

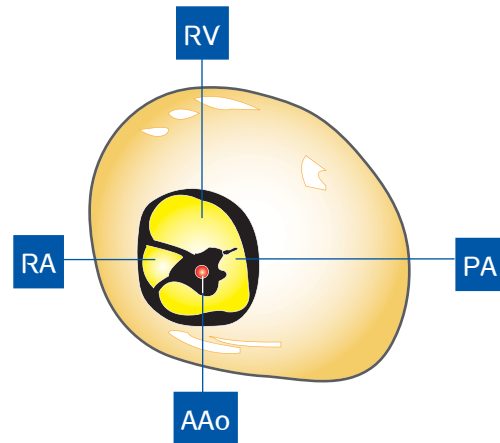
ตัวอย่างความผิดปกติของหัวใจ

รูปที่ 8-7 ถึง 8-15 แสดงตัวอย่างภาพอัลตราซาวด์ของความผิดปกติของหัวใจที่ตรวจพบในวิวัตต์เฉียงของทรวงอก

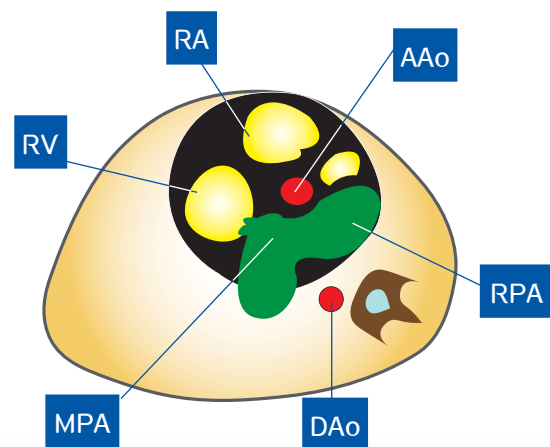




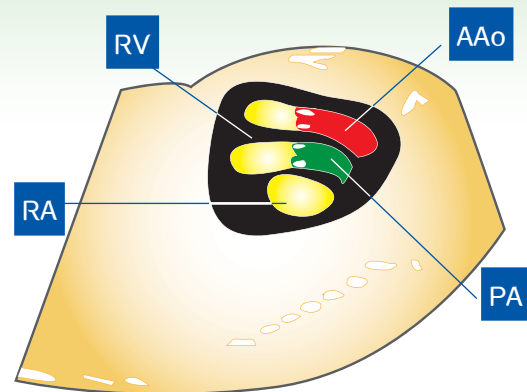
รูปที่ 8-7 LRVOT: Hypoplastic left heart syndrome with aortic stenosis : แสดง ascending aorta (AAo) ขนาดเล็กมาก (PA = pulmonary artery, RA = right atrium และ RV = right ventricle)



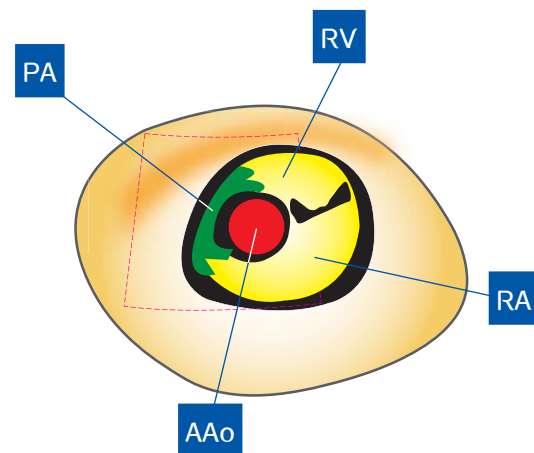
รูปที่ 8-8 LRVOT: Aortic stenosis : แสดง ascending aorta (AAo) ขนาดเล็ก เมื่อเทียบกับ pulmonary artery (PA) (RA = right atrium และ RV = right ventricle)



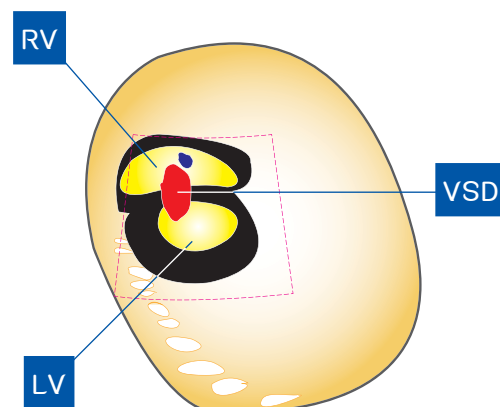
รูปที่ 8-9 LRVOT: Tetralogy of Fallot with pulmonary atresia : แสดง main pulmonary artery (MPA) และ right pulmonary artery (RPA) มี post-stenotic dilatation จนมีขนาดใหญ่่มาก (DAo = descending aorta, AAo = ascending aorta, RA = right atrium และ RV = right ventricle)



รูปที่ 8-10 LRVOT: Double outlet right ventricle (DORV; TGA-like) : แสดง pulmonary artery (PA) และ ascending aorta (AAo) มีทอดขนานกันออกมาจาก ventricles (RA = right atrium และ RV = right ventricle)

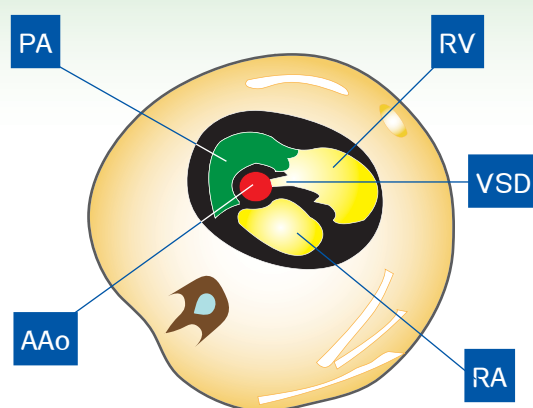


รูปที่ 8-11 LRVOT: Tetralogy of Fallot (TOF) : แสดง pulmonary artery (PA) ขนาดเล็ก ในขณะที่ทอดอ้อมพัน ascending aorta (AAo) ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่ากันมาก (RA = right atrium และ RV = right ventricle)

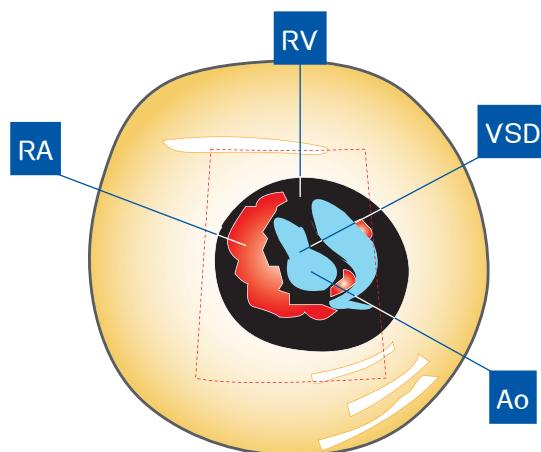


รูปที่ 8-12 Short axis view of ventricles: muscular ventricular septal defect (VSD) แสดง color flow mapping มีกระแสเลือดทอดข้ามผ่าน interventricular septum (IVS) จาก left ventricle (LV) มายัง right ventricle (RV)

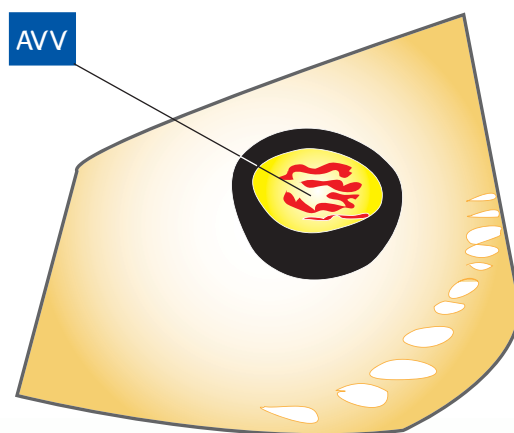




รูปที่ 8-13 RVOT: Subaortic ventricular septal defect (VSD) แสดงรอยเชื่อมต่อติดต่อกันระหว่าง right และ left ventricular outflow tract (PA = pulmonary artery, AAO = ascending aorta, RA = right atrium และ RV = right ventricle)



รูปที่ 8-14 RVOT: Subaortic ventricular septal defect (VSD) color flow mapping แสดงการไหลเวียนเลือดจาก right ventricular outflow tract ผ่านช่องทาง VSD ออกทาง aortic root (Ao) (RA = right atrium และ RV = right ventricle)



รูปที่ 8-15 Short axis view of ventricles ที่ระดับใกล้ atrioventricular valves (AVV) ในทารกที่เป็น endocardial cushion defect: แสดง AVV ในมุมมองประจันหน้า (enface) ซึ่งมี AVV ขุดใหญ่เพียงชุดเดียว

เอกสารอ้างอิง

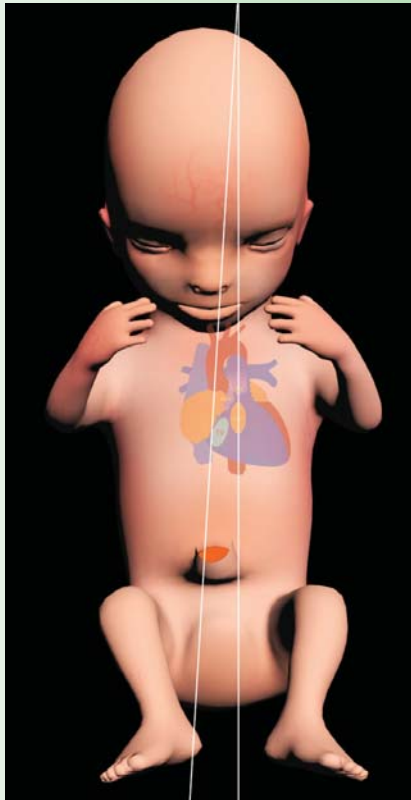
- 1) AIUM practice guideline for the performance of fetal echocardiography. J Ultrasound Med 2011 Jan;30(1):127-36.
- 2) Chiappa EM, Cook AC, Botta G, Silverman NH. Echocardiographic anatomy in the fetus. 1 ed. Milan: Springer-Verlag; 2008.



บทที่ 9

วิวแนวยาวของหลอดเลือดใหญ่

Long Axis View of Great Vessels



■ Longitudinal Arch View	127
■ Ductal arch.....	127
■ Aortic Arch.....	127
■ ข้อควรพิจารณา.....	132
■ Bicaval View	135
■ ตัวอย่างความผิดปกติของหัวใจ	137
■ เอกสารอ้างอิง.....	141



AIUM แนะนำให้ตรวจการวางตัวของเส้นเลือดใหญ่ในแนวยาวทั้งหมด 3 วิวคือ ductal arch, aortic arch ในวิวด้านข้าง จะเห็นความโค้งของ arch ตลอดแนว และ bicaval view ที่แสดง superior vena cava (SVC) และ inferior vena cava (IVC) เทเข้าสู่ right atrium⁽¹⁾ (รูปที่ 9-1)

Longitudinal Arch View

Ductal arch (DA)

Ductal arch จะเปิดเข้า descending aorta ตรงจุดที่ transverse aortic arch เปลี่ยนเป็น descending aorta

เทคนิคการตรวจ

การตรวจทางด้านหน้าทรวงอกจะเห็นได้ชัดกว่าจากทางด้านหลัง ตรวจได้ด้วยการวางหัวตรวจที่ทรวงอกตามแนวยาวของตัวทรวงอก ตามแนวขอบด้านซ้ายของ sternum แล้วตัดผ่านไปทางทรวงอกซีกซ้าย จนปรับเห็นแนว descending aorta ตลอดแนวยาว ซึ่งถ้าเคลื่อนขยับไปมาเล็กน้อยจะทำให้ตรวจวิวนี้อย่างง่ายดาย แต่ปกติแล้วจะไม่เห็น ductal arch กับ aortic arch ในภาพเดียวกันแต่อยู่ใกล้กันมาก ขยับไปมาเล็กน้อยก็สามารถเห็นได้ครบทั้งสอง arch ลักษณะของ ductal arch ดูป้าน ไม่มีแขนงเส้นเลือดที่แตกออกไป (รูปที่ 9-2ก) บางรายอาจหาไม่มากนัก ควรใช้หลักการดังต่อไปนี้⁽²⁾

- 1) ตรวจหา four-chamber view
- 2) ปรับเอียงหัวตรวจเพื่อดึงให้แนว interventricular septum ให้เอียงทำมุม 45 องศา กับแนวราบ

- 3) เอียงหรือเลื่อนหัวตรวจไปทางด้านศีรษะจนเห็น ductal arch ปรับหัวตรวจให้ ductal arch อยู่ในแนวดิ่ง
- 4) เลื่อนหัวตรวจและรักษานิ้ว aortic arch ที่อยู่ในแนวดิ่งให้อยู่กลางจอภาพ
- 5) จากนั้นหมุนหัวตรวจ 90 องศาเพื่อให้เห็นตลอดแนวของ ductal arch และ descending aorta

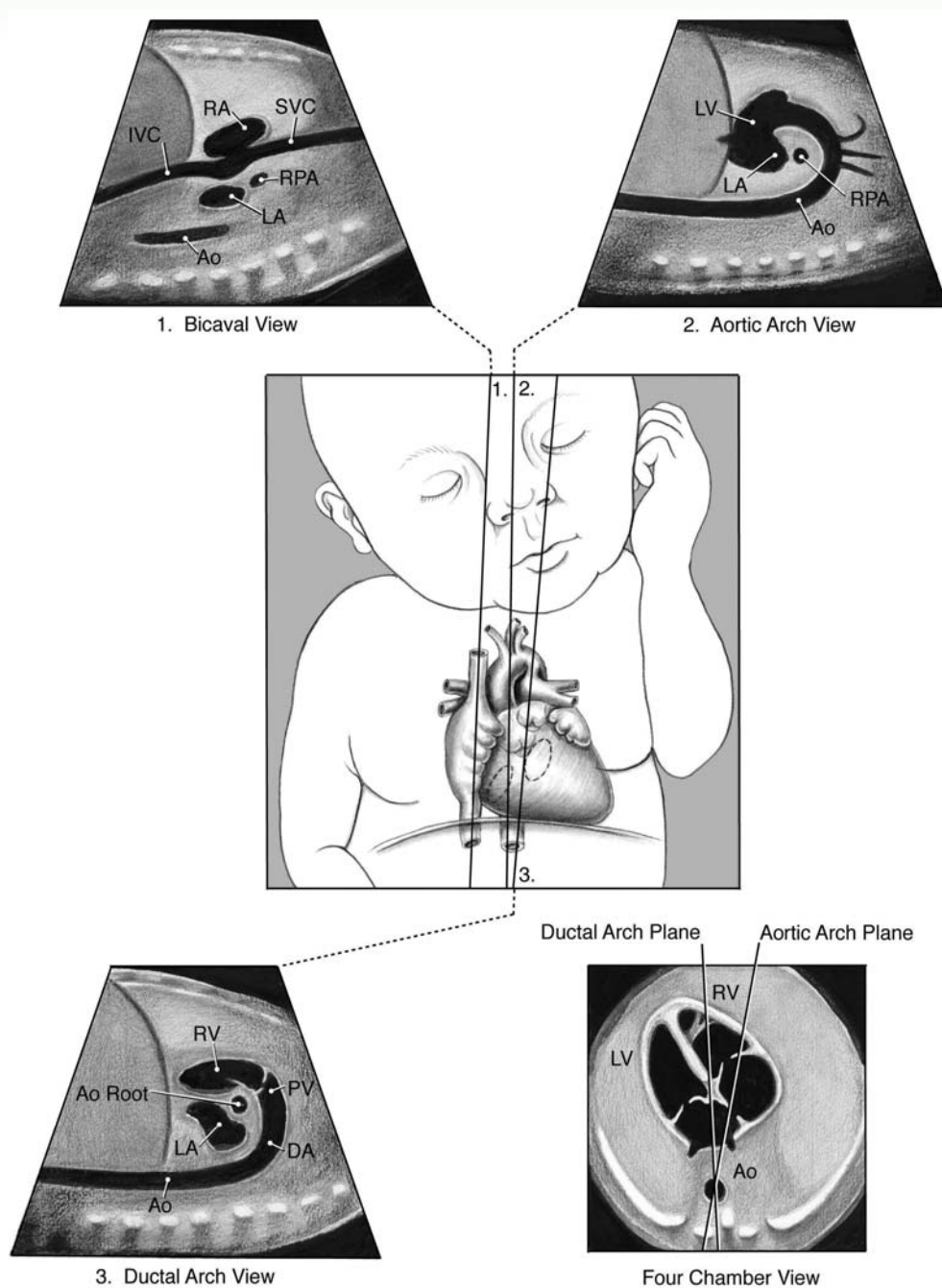
Aortic Arch (AoA)

Aortic arch มีลักษณะโค้งมนและมีการแตกแขนง (รูปที่ 9-2ข) ในส่วนที่โค้งเป็น aortic arch จะเห็นแขนงเส้นเลือดแตกออก 3 เส้นคือ left subclavian artery, left common carotid artery และ brachiocephalic trunk

เทคนิคการตรวจ⁽²⁾

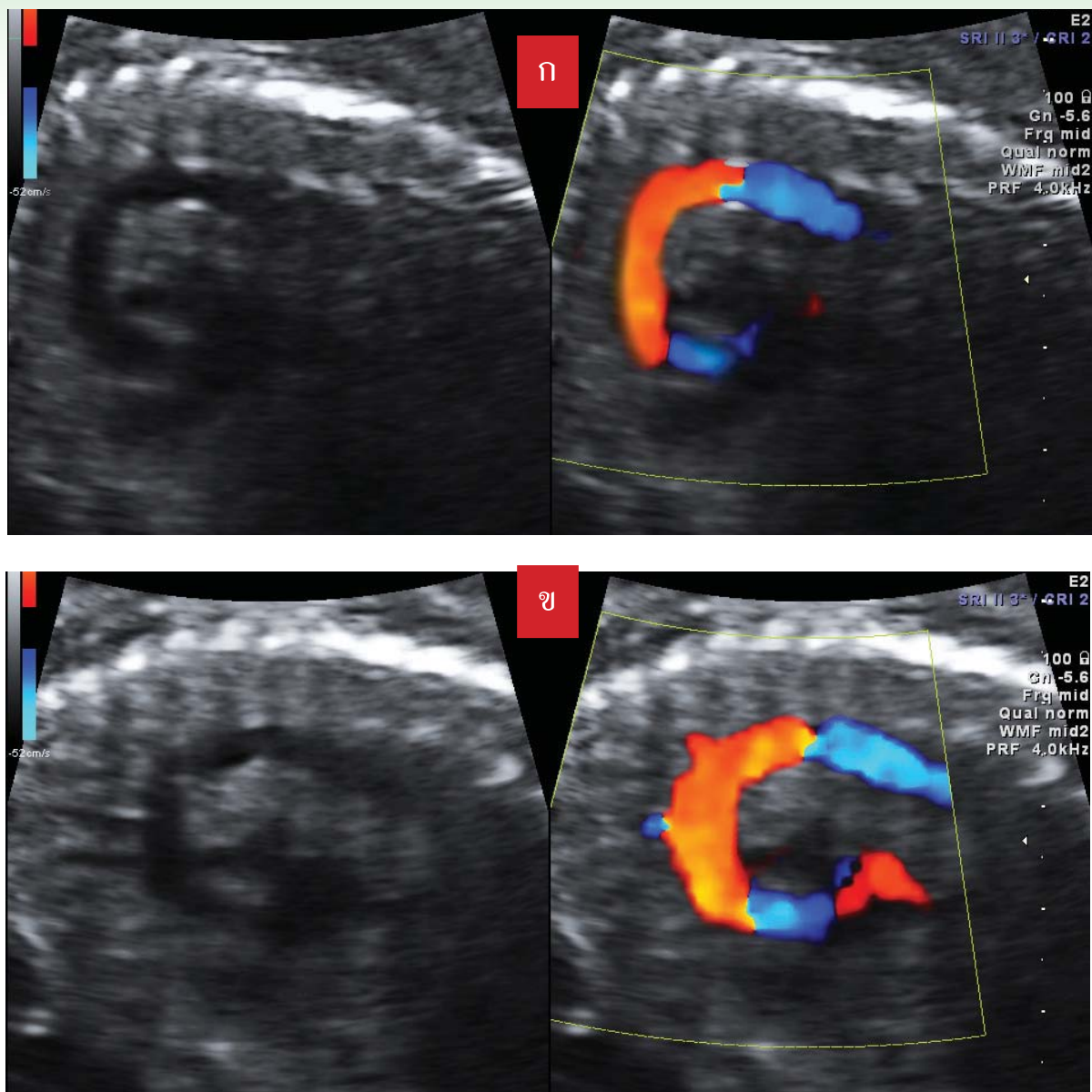
- 1) ตรวจหา four-chamber view
- 2) ปรับเอียงหัวตรวจเพื่อดึงให้แนว interventricular septum ขนานกับแนวราบ (ตั้งฉากกับลำเสียง)
- 3) เอียงหรือเลื่อนหัวตรวจไปทางด้านศีรษะ (sweeping) จนเห็น aortic arch อยู่ในแนวดิ่งหรือใกล้แนวดิ่ง และปรับให้ arch อยู่ในแนวดิ่ง (แนวขนานกับลำเสียง)
- 4) เลื่อนหัวตรวจและรักษานิ้ว aortic arch ที่อยู่ในแนวดิ่งให้อยู่กลางจอภาพ
- 5) จากนั้นหมุนหัวตรวจ 90 องศาเพื่อให้เห็นตลอดแนวของ aorta

สังเกตว่าการแสดงภาพ aortic arch ใน long-axis view นี้ ลำเสียงจะผ่านทรวงอกทรวงอกด้านหน้าทางขอบขวาของกระดูก sternum ในขณะที่การแสดงภาพ ductal arch ใน long-axis view ลำเสียงจะผ่านทรวงอก



รูปที่ 9-1 ภาพแสดงวิธีแนวยาวของหลอดเลือดใหญ่ ได้แก่ (1) bicaaval view ที่ประกอบด้วย superior vena cava และ inferior vena cava, (2) aortic arch และ (3) ductal arch (Ao = descending aorta, Ao Root = aortic root, DA = ductus arteriosus, IVC = inferior vena cava, LA = left atrium, LV = left ventricle, PV = pulmonary valve, RA = right atrium, RPA = right pulmonary artery, RV = right ventricle และ SVC = superior vena cava) (ที่มา : AIUM practice guideline for the performance of fetal echocardiography. J Ultrasound Med 2011 Jan;30(1):127-36.)





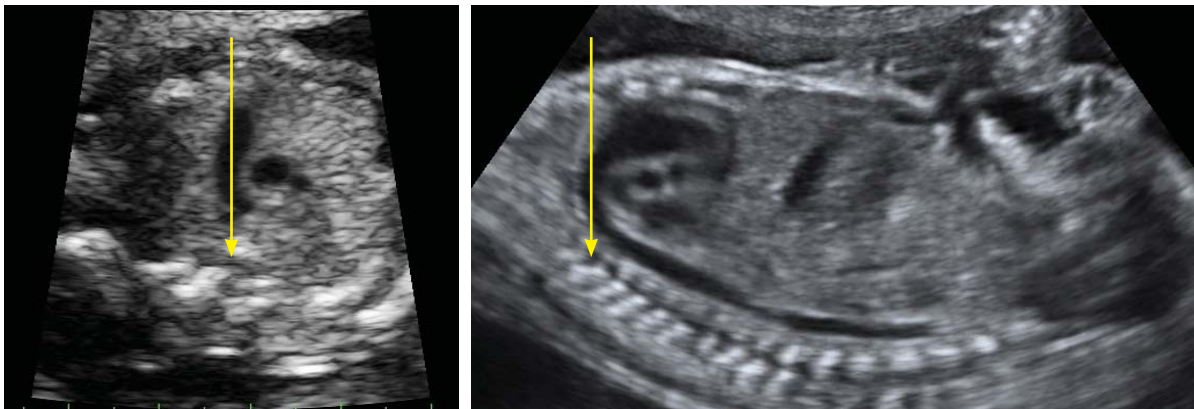
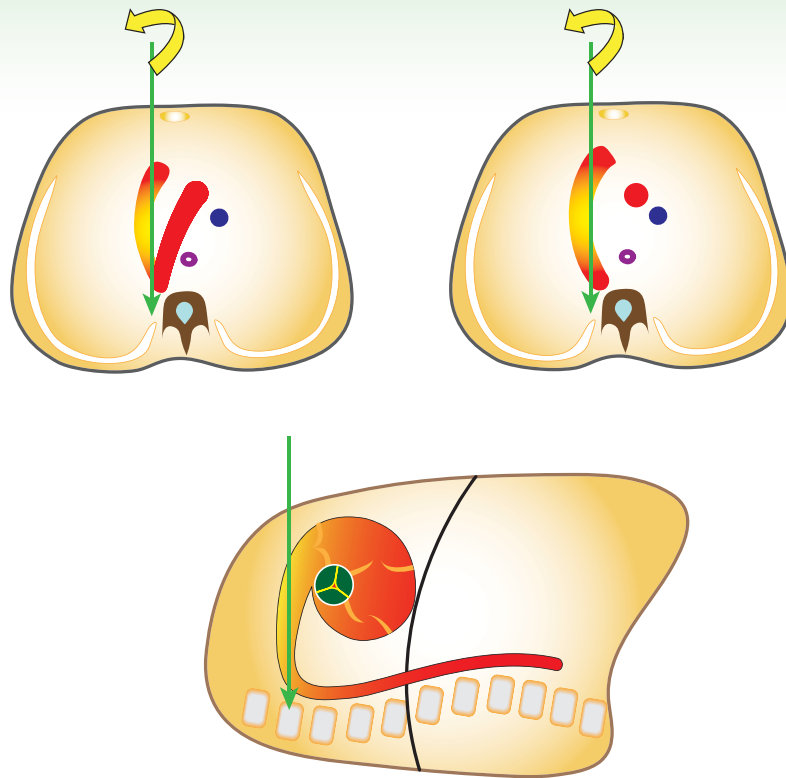
รูปที่ 9-2 ตัวอย่างภาพอัลตราซาวด์ grey scale และ color flow mapping ที่เป็นแบบฉบับของ ductal arch (ก) และ aortic arch (ข) สังเกต aortic arch มีลักษณะมนกว่าและมีแขนงเส้นเลือดไปเลี้ยงศีรษะ

ทารกทางด้านซ้ายของขอบกระดูก sternum (รูปที่ 9-1) การตรวจด้วยคลื่นเสียงสามมิติอาจช่วยให้การตรวจ aortic arch และ ductal arch ดีขึ้น⁽³⁾

วิธีนี้ช่วยเพิ่มความมั่นใจในการวินิจฉัยโรคหัวใจพิการได้หลายอย่าง เช่น transposition of great vessels และ coarctation of aorta

ที่กล่าวมาเป็นเทคนิคที่ฝึกฝนได้ง่าย แต่สามารถพลิกแพลงไปได้หลากหลาย บางท่านไม่ต้องคำนึงถึงหรือเชื่อมวัดกับเฟลนเริ่มต้นที่ระดับ 4CV เพียงกวาดสแกนขึ้นไป (sweeping) ให้ได้ 3VV หรือ 3VT ที่ชัดเจนก็สามารถหมุนหัวตรวจหา arch view ได้ไม่ยาก ตัวอย่างเช่น

- เมื่อต้องการตรวจ long-axis ของ ductal arch หรือ ascending aorta หลังจากแสดงให้เห็นวิว transverse aortic arch และ duct arch หรือ 3VT

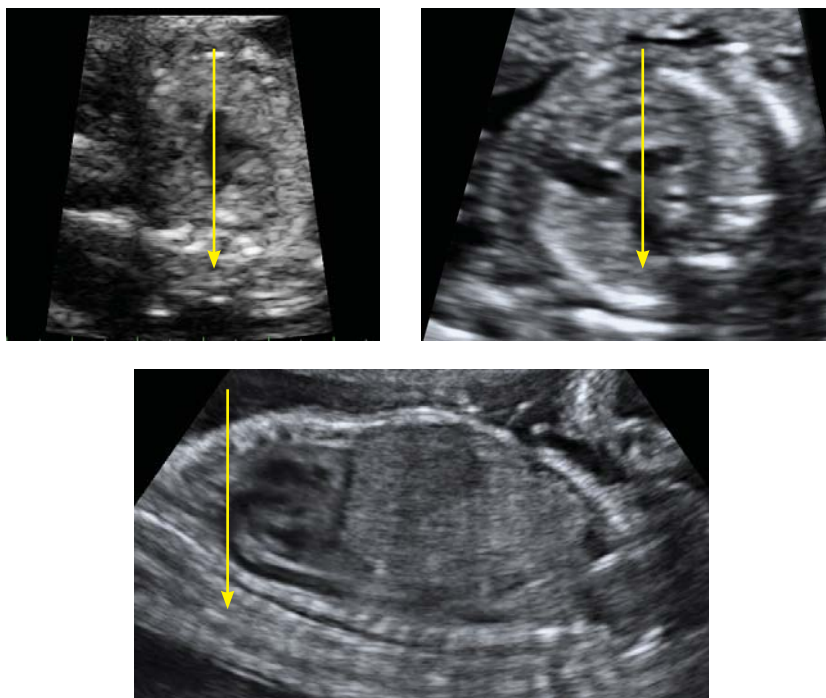
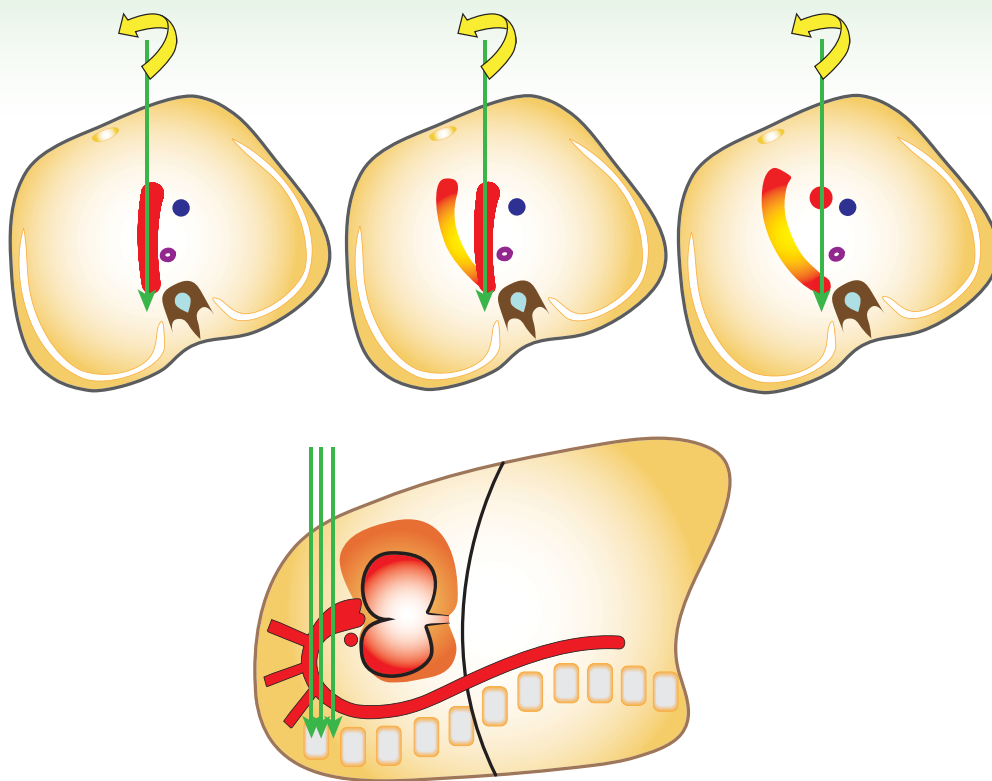


รูปที่ 9-3 ตัวอย่างเทคนิคการตรวจหาวิวนาวยาวของ ductal arch โดยการปรับหมุนหัวตรวจจาก 3VT หรือ 3VV ประมาณ 70-90 องศา โดยมีหลักสำคัญคือปรับหัวตรวจให้แนว ductal arch ในภาพตัดขวางของทรวงอกให้อยู่แนวแนวดิ่งที่ตรงกลางของสกรีนก่อนที่จะหมุนหัวตรวจ

แล้ว ให้เลื่อน/กด (slide/rock) หัวตรวจที่หน้าห้องมารดา เพื่อให้ส่วนของ ductal arch หรือ aortic arch หมุนมาอยู่ในแนวดิ่ง คือขนานกับลำเสียง และพยายามปรับเลื่อนหัวตรวจให้แนวดิ่งของ arch ดังกล่าวอยู่ตรงกลางของจอสกรีนพอดี แล้วจึงหมุนหัวตรวจ 90 องศา ก็จะปรากฏ arch view ทางด้านข้าง ทั้ง aortic arch และ duct arch ก็สามารถทำได้ในลักษณะเดียวกัน (รูปที่ 9-3)

- ถ้าต้องการแสดง long-axis ของ ductal arch หรือ aortic arch จาก 3VV ก็สามารถทำได้เช่นกัน กล่าวคือ จากวิว 3VV ถ้าเห็นแนว ductal arch อยู่แล้ว (ซึ่งต่อเนื่องมาจาก main pulmonary artery) ก็สามารถเลื่อนหรือกด (slide/rock) ให้อยู่ในแนวดิ่ง (แนว ductal arch ขนานกับลำเสียง) แล้วหมุน 90 องศาในลักษณะดังที่กล่าวมาข้างต้น ถ้าจะตรวจหา aortic arch ในแนวยาวจาก 3VV ให้พยายามเลื่อน





รูปที่ 9-4 ตัวอย่างเทคนิคการตรวจหาวิวแนวยาวของ aortic arch โดยการปรับหมุนหัวตรวจจากวิวตัดขวางทรวงอกระดับ aortic arch, 3VT หรือ 3VV ประมาณ 70-90 องศา โดยมีหลักสำคัญคือปรับหัวตรวจให้แนว aortic arch ในภาพตัดขวางของทรวงอกให้อยู่แนวแนวดิ่งที่ตรงกลางของสกรีนก่อนที่จะหมุนหัวตรวจ

หรือกด (slide/rock) หัวตรวจที่แสดง 3VV อยู่ นั้น โดยคงสภาพ 3VV ไว้ดั้งเดิม แต่เปลี่ยนแนวให้ ascending aorta (ซึ่งเห็นเป็นหน้าตัดวงกลม) และ descending aorta มาตรงกันอยู่ในแนวตั้ง คือทั้งสองวงกลมมาเรียงตัวขนานกับลำเสียงอยู่ในแนวตั้ง และปรับให้อยู่ตรงกลาง (keep center) ของจอสกปริน แล้วหมุนบิดหัวตรวจ 90 องศา ก็จะได้ aortic arch ตามแนวยาวด้านข้าง สังเกตได้จาก 3VV ในภาพตัดขวางของทรวงอกส่วนบน สามารถ sliding หัวตรวจเพื่อให้ ascending aorta, main pulmonary artery หรือ superior vena cava ขึ้นมาเรียงตัวในแนวตั้งกับ descending aorta ที่กลางจอสกปริน แล้วหมุน 90 องศา จะแสดงเส้นเลือดใหญ่ทั้งสามเส้นในแนวยาวได้อย่างไม่ยาก (รูปที่ 9-4)

ในกรณีที่ทราบก่อนแล้วว่า ไม่สามารถผ่านลำเสียงทางด้านหน้าของทารกได้ การตรวจจะยากขึ้น การจะแสดง arch view ทั้งสองนี้จะต้องผ่านลำเสียงทางด้านซ้ายของกระดูกสันหลังเท่านั้น การส่งลำเสียงทางซีกขวาของกระดูกสันหลังจะไม่สามารถแสดงได้ เนื่องจาก descending aorta อยู่ทางซีกซ้ายของกระดูกสันหลัง ถ้าหมุนจาก 3VV ด้วยเทคนิคดังกล่าวข้างต้น ต้องจับภาพหน้าตัดของ descending aorta ทางซ้ายของกระดูกสันหลังกับภาพหน้าตัดของ ascending aorta ให้อยู่ในแนวเดียวกัน และดึงให้อยู่ในแนวตั้งบนจอสกปริน

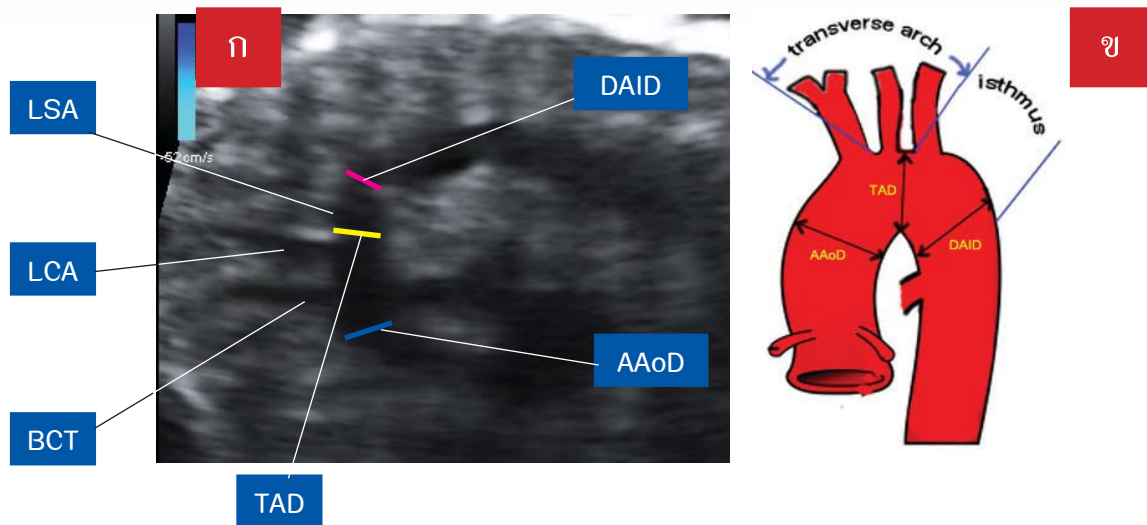
ข้อควรพิจารณา

- Aortic arch และ ductal arch ในวิวด้านข้างนี้สามารถแสดงกลับไปได้ด้วยการเอียง (tilt) หัวตรวจไปมาที่หน้าท้องมารดา ลักษณะของ arch ทั้งสองมีความแตกต่างกัน และแยกจากกันได้ไม่ยากนัก aortic arch มีลักษณะโค้งมนมากกว่า (candy cane) ทอดขึ้นไปสูงเหนือกว่า ductal arch และมีเส้นเลือดแตกทอดตรงขึ้นไปยังส่วนศีรษะ (brachiocephalic trunk, left carotid artery และ left subclavian artery) ส่วน ductal arch จะไม่เห็นมีเส้นเลือดแตกทอดขึ้นยังส่วนศีรษะ ductal arch ทอดออกมาจากหัวใจในส่วนที่อยู่หน้า คือ right ventricle และพุ่งตรงกว่า aortic arch เข้าสู่ descending aorta มีลักษณะเหมือนไม้ hockey

- **Long-axis view of aortic arch (LAoA) :** เป็นเพลน parasagittal ของร่างกายที่ตัดเฉียงจากข้างขวาของกระดูก sternum ทางด้านหน้าแล้วตัดผ่านไปยังด้านหลังทางซ้ายซ้าย ผ่าตลอดแนว descending aorta แล้วในวินาทีก็เห็น aortic arch ตลอดแนวด้วย โดยเห็นเชื่อมต่อระหว่าง ascending aorta ในส่วนหน้า (ค่อนขวา) กับ descending aorta ในส่วนหลัง (ด้านซ้าย) เริ่มต้นจาก ascending aorta ออกจากส่วนกลางของทรวงอก aortic arch ทอดโค้งมนไปทางข้างหลัง-ซ้าย จะเห็นเส้นเลือดหน้าตัดของ right pulmonary artery และหลอดเลือดข้างขวาที่บริเวณส่วนหลังของ aortic arch วินาที (aortic arch long-axis view) เป็น short-axis view ของหัวใจที่ระดับตัดผ่าน atrium ทั้งสองข้าง จึงมักจะมองเห็นส่วนใหญ่ของ right atrium ทางด้านหน้า และเห็น left atrium ซึ่งเห็นเป็นส่วนน้อยกว่าอยู่ทางข้างหลัง ในวินาทียังมักจะเห็นส่วนบนของ interatrial septum (crista dividens) ที่นับเป็นหลังคาของ foramen ovale สำหรับทางส่วนล่างก็มักจะเห็นตำแหน่งเชื่อมต่อของ inferior vena cava กับ right atrium

- **Aortic arch** มีเส้นเลือด 3 เส้นแตกตั้งฉากขึ้นสู่ศีรษะ คือเริ่มที่ brachiocephalic trunk (BCT) (ซึ่งจะแบ่งต่อเป็น right subclavian artery และ right carotid artery) left carotid artery (LCA) และ left subclavian artery (LSA) แบ่ง aortic arch ออกได้เป็นสามส่วนคือ proximal arch หมายถึงส่วนที่อยู่ระหว่าง brachiocephalic trunk กับ left carotid artery ส่วนที่สองคือ distal arch หมายถึงส่วนที่อยู่ระหว่าง left carotid artery กับ left subclavian artery และ isthmus หมายถึงส่วนที่อยู่ระหว่าง left subclavian artery กับจุดเชื่อมต่อของ ductal arch กับ descending aorta (รูปที่ 9-5) ส่วนของ aorta ที่อยู่ก่อนการให้แขนง brachiocephalic trunk ก็คือ ascending aorta ขนาดของ aortic arch มีลักษณะจำเพาะคือ ขนาดจะเล็กลงเรื่อย ๆ เมื่อเทียบกับขณะที่เริ่มออกจาก LVOT ทั้งนี้เนื่องจากเลือดที่ไหลผ่านทาง ascending aorta ส่วนใหญ่จะขึ้นเลี้ยงศีรษะผ่านทางแขนงสำคัญทั้งสามดังกล่าวข้างต้น มีเพียงส่วนน้อยของ cardiac output ที่ผ่าน





รูปที่ 9-5 ภาพ ก. แสดง aortic arch และเส้นเลือดที่แตกแขนงออก คือ brachiocephalic trunk(BCT), left carotid artery (LCA) และ left subclavian artery (LSA) และ ภาพ ข. แสดงการวัดขนาดของ aortic arch ได้แก่ ascending aorta diameter (AAoD), transverse aortic arch diameter (TAD) และ distal aortic isthmus diameter (DAID)

isthmus ไปยัง descending aorta ซึ่งต่างกับการไหลเวียนเลือดในช่วงหลังคลอด ขณะที่อยู่ในครรภ์เลือดที่ผ่านทาง descending aorta ส่วนใหญ่มาจาก ductal arch การวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของ aortic arch จะช่วยวินิจฉัยหรือทำนาย coarctation of aorta ได้ ซึ่งส่วนใหญ่ของ coarctation เกิดขึ้นกับส่วนของ isthmus

- color flow mapping และ pulse Doppler ของ aortic arch : มีส่วนสำคัญในการช่วยค้นหาเส้นเลือดที่แตกไปเลี้ยงศีรษะ โดยเฉพาะในกรณีภาพ 2D แสดงให้เห็นได้ยาก ปกติแล้วจะมี forward flow ตลอดแนวของ aorta แต่การแสดงสีไปในทิศทางต่าง ๆ แล้วแต่ตำแหน่ง เนื่องจากทิศทางเลือดตอนออกจากหัวใจจะตรงกันข้ามกับทิศทางใน descending aorta อย่างไรก็ตามในทารกปกติก็อาจพบ reverse flow ใน isthmus ได้บ้าง โดยเฉพาะเมื่อครรภ์ใกล้ครบกำหนด การมี reverse flow ใน aortic arch พบได้บ่อยในกรณี aortic stenosis, hypoplastic left heart หรือ coarctation of aorta ที่รุนแรงเป็นต้น

- **เทคนิคการวัด aortic arch** : การวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ ascending aorta และ aortic arch (isthmus) จะช่วยในการวินิจฉัยโรคเช่น aortic stenosis หรือ coarctation of aorta เป็นต้น ซึ่งค่าที่ได้จากการวัดสามารถนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่มีผู้รายงานไว้หลายการศึกษา⁽⁴⁻⁶⁾ รวมทั้งการศึกษาในประเทศไทยด้วย⁽⁷⁾ (รูปที่ 9-5)

- **Long-axis view of ductal arch (LDA)** : โดยกายวิภาคแล้วแนวนี้มีได้อยู่ในแนว sagittal ที่แท้จริง เนื่องจาก ductal arch นั้นเป็นแนวค่อนข้างตรงที่ทอดเฉียงจากขวาล่างไปยังซ้ายบน เพื่อไปเทเข้า descending aorta เนื่องจาก ductal arch ทอดตามแนวของ pulmonary artery ที่ออกจาก right ventricle ซึ่งเป็นหัวใจส่วนที่อยู่หน้าสุดและค่อนข้างไปทางขวาเมื่อเทียบกับส่วนอื่น ๆ ของหัวใจ ส่วน descending aorta ทอดยาวตรงอยู่ทางข้างซ้ายของแนวลำตัว อาจจะกล่าวได้ว่า ductal arch ทอดแนว parasagittal ส่วน descending aorta ทอดตามแนว sagittal ของร่างกาย ในเพลนนีสามารถเห็นความสัมพันธ์ของโครงสร้างทางซิกขวา โดยเป็นแนว



รูปที่ 9-6 ภาพแสดงการวัด ductal arch diameter (DAD)

ตัดที่เห็น tricuspid valve หรือ inlet ของ right ventricle ภาพตัดขวางของ LVOT หรือ aortic root ส่วนสำคัญของเฟลนนี้คือ pulmonary artery ทอดตรง (โค้งเล็กน้อย) สูงขึ้นไปทางด้านหลังข้างซ้าย สามารถประเมินการทำงานของ pulmonic valve ได้ด้วย ductal arch ทำหน้าที่เชื่อมต่อ main pulmonary artery ให้ทะลุเข้า descending aorta ความจริงแล้วตำแหน่งที่ main pulmonary artery มี bifurcation ให้ right pulmonary artery แล้ว ถัดขึ้นไปเล็กน้อยก็จะมี การแตกสองแขนง โดยแขนงหลักที่ทอดสูงพุ่งตรงไปข้างหลังนั้นเป็น ductal arch ส่วนแขนงล่างเป็น left pulmonary artery เนื่องจากเป็นเฟลนที่ตัดเฉียงจากด้านหน้าขวาไปยังหลัง-ซ้ายจึงทำให้เห็นส่วนของ left atrium อยู่ทางด้านหลังของ right ventricle การวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ ductal arch สามารถทำได้ในวิธีนี้ หรือวิธี transverse view ของ ductal arch ก็ได้เช่นเดียวกัน การวัดเส้นผ่าศูนย์กลาง ductal arch หรือ ductus arteriosus ทำกันบ่อยโดยเฉพาะในกรณีที่ได้รับยา indomethacin

- **color flow mapping และ pulse Doppler** ของ ductal arch long-axis view ในวิธีนี้จะแสดงการไหลเวียนแบบ forward flow ไปยัง descending aorta โดยทำมุมกับ ductal arch เกือบเป็นมุมฉาก ซึ่งเป็นทิศทางเดียวกับการไหลใน ascending aorta สำหรับ pulse Doppler จะแสดงความเร็วสูงมาก

ในช่วง systole และในช่วง diastole ก็ยังมีการไหลเวียนไปข้างหน้าได้แบบต่ำ ๆ อยู่ ความเร็วของการไหลเวียนเลือดใน ductal arch จะสูงที่สุดในบรรดาการไหลเวียนเลือดความเร็วเลือดในร่างกาย ซึ่งเลือดส่วนใหญ่ที่ผ่านใน right ventricle จะออกมาทางนี้ ทารกในครรภ์มีความต้านในปอดทั้งสองข้างสูงจึงมีเพียงส่วนน้อยของเลือดเท่านั้นที่ทอดผ่านไปยังปอด peak acceleration time ใน ductal arch จะสูงกว่าทั้งใน aorta และใน main pulmonary artery ค่า peak systolic velocity (PSV) แปรปรวนจาก 50 ซม./วินาทีที่ 6 สัปดาห์ไปจนถึง 130-160 ซม./วินาทีเมื่อครบกำหนด สำหรับ diastolic peak velocity แปรปรวนตั้งแต่ค่าใกล้เคียงศูนย์ในครรภ์ระยะแรกจนเพิ่มเป็น 30-40 ซม./วินาที เมื่อครรภ์ใกล้ครบกำหนด ส่วน pulsatility index (PI) มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดตลอดการตั้งครรภ์

- **เทคนิคการวัด ductal arch** : การวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ ductal arch จะช่วยในการวินิจฉัยความผิดปกติบางอย่าง เช่น pulmonary stenosis หรือ ductal constriction จากการได้รับยา indomethacin ในครรภ์ และการวัดนี้ยังใช้ในการตรวจติดตามกรณีได้รับดังกล่าวด้วย ซึ่งค่าที่ได้จากการวัดสามารถนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่มีผู้รายงานไว้หลายการศึกษา^(8;9) รวมทั้งการศึกษาในประเทศไทยด้วย⁽¹⁰⁾ (รูปที่ 9-6)



Bicaval View

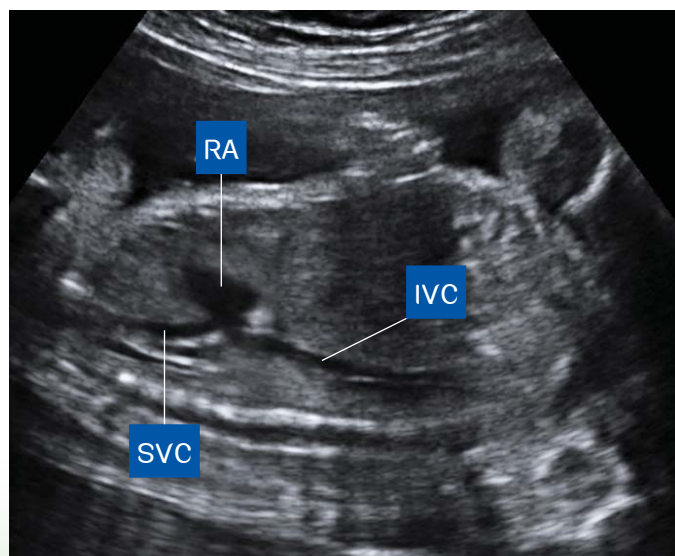
Bicaval view (BCV) : สามารถทำได้หลายเทคนิค ยกตัวอย่างเช่น จาก 3VV ที่สามารถเห็น SVC ได้ชัดเจน แล้วนั้น ให้ปรับเลื่อน superior vena cava ที่เป็นภาพตัดขวางของทรวงอกส่วนบนนั้น มาอยู่กลางจอสกรีน แล้วหมุนหัวตรวจ 90 องศา ให้กลายเป็นเส้นยาวออก และปรับต่อให้เห็นส่วนที่ทอดต่อเข้าสู่ right atrium และมักจะเห็น inferior vena cava เทเข้าสู่ right atrium ในวิวเดียวกัน วิวนี้เป็นวิว sagittal ของร่างกายทารก ขนานกับ descending aorta จึงอาจเลื่อนขยับหัวตรวจ กลับไปกลับมาระหว่าง long axis ของ aortic arch กับ bicaval view เพียงการขยับออกทางด้านข้างของกันและกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งเพลนที่ดีจะเห็นทั้ง inferior vena cava และ superior vena cava เทเข้าสู่ right atrium และควรเห็น aorta ทอดอยู่ข้างหลังด้วย ซึ่งถ้าไม่เห็นให้ปรับหัวตรวจเพียงเล็กน้อยก็จะปรากฏให้เห็นได้ไม่ยาก (รูปที่ 9-7,8)

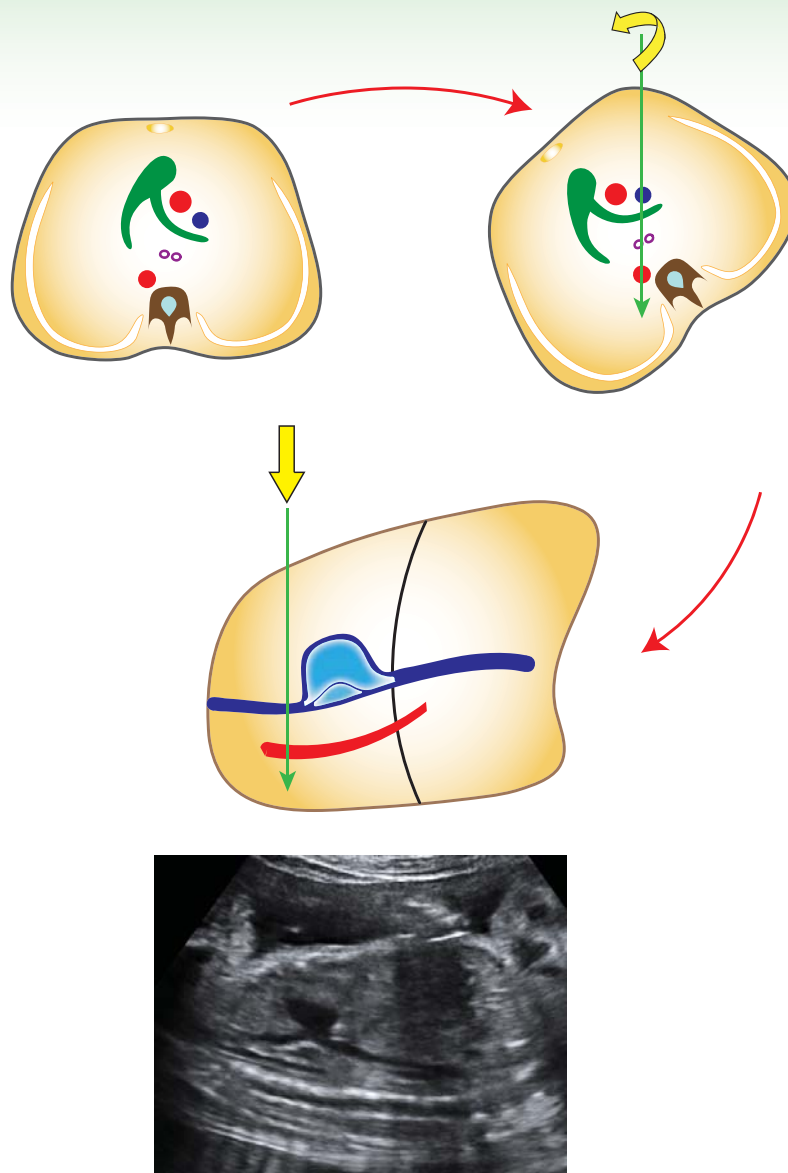
- เพลนนี้อยู่ค่อนข้างไปทางซีกขวาของ mediastinum เป็นแนวตัดที่ขนานกับกระดูกสันหลังและ descending aorta ส่วนเด่นที่สุดของหัวใจที่เห็นคือ right atrium ที่วางอยู่เหนือแนวกระดูกสันหลัง ซึ่งส่วนล่างจะเป็นตับ อาจมีการปรับเล็กน้อยให้เห็น ductus venosus หรือ umbilical vein ในวิวนี้ได้ ภายใน right atrium

สามารถแสดงให้เห็น terminal crest ซึ่งการเปิดเข้าของ inferior vena cava และ superior vena cava ค่อนข้างไปทางข้างหลังของ right atrium สังเกตเห็นว่า inferior vena cava ก่อนจะเข้าหัวใจนั้นมีขนาดขยายพองออกเนื่องจากการรับเลือดเพิ่มเติมโดยตรงมา ductus venosus และ hepatic veins โดยมี Eustachian valve บังคับทิศทางอยู่ก่อนเข้า right atrium และด้านบนมี crista dividens (ส่วนบนของ interatrial septum) ครอบมอยู่ และคอยควบคุมให้เลือดจาก inferior vena cava เข้าไปทาง foramen ovale เป็นหลัก บางส่วนของ left atrium และ foramen ovale ก็อาจมองเห็นได้ โดยอยู่ทางด้านหลังของ right atrium และยังสามารถเห็นภาพหน้าตัดขวาง right pulmonary artery ที่อยู่หลังต่อ superior vena cava และเหนือต่อ right atrium ⁽¹¹⁾ และยังเห็น thymus gland อยู่ระหว่างผนังทรวงอกด้านในกับ superior vena cava

- ในกรณีที่ทารกนอนคว่ำ ไม่สามารถผ่านลำเสียงทางด้านหน้าของทารกได้ การตรวจจะยากขึ้น การจะแสดงแนวยาวของวิว bicaval จะต้องผ่านลำเสียงทางด้านขวาของกระดูกสันหลัง การส่งลำเสียงทางซีกซ้ายของกระดูกสันหลังจะไม่สามารถแสดงได้ เนื่องจาก superior vena cava และ inferior vena cava อยู่ทางซีกขวาของกระดูกสันหลัง

รูปที่ 9-7 ตัวอย่างภาพอัลตราซาวด์ที่เป็นแบบฉบับของวิว bicaval (RA = right atrium, IVC = inferior venacava, SVC = superior vena cava)





รูปที่ 9-8 ตัวอย่างเทคนิคการตรวจหาวิวนวยาวของ superior vena cava (SVC) พร้อมกับ ascending aorta โดยการปรับหมุนหัวตรวจจากวิวตัดขวางทรวงอกระดับ 3VV โดยมีหลักสำคัญคือปรับหัวตรวจให้ภาพตัดขวางของ descending aorta และ SVC อยู่แนวแนวตั้งที่ตรงกลางของสกรีน แล้วหมุนหัวตรวจไปประมาณ 80-90 องศา



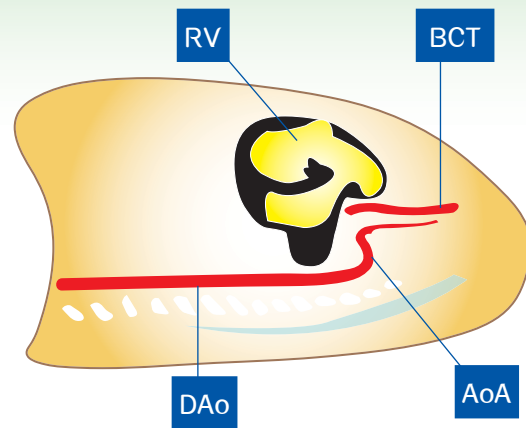
- **color flow mapping และ pulse Doppler** : ในวิวที่เห็นภาพ 2D ได้ชัดเจนอาจแสดง color flow mapping และ pulse Doppler ได้ไม่ดีนักเนื่องจากลำเสียงจะตกกระทบตั้งฉากกับทิศทางไหลเวียนของเลือด จึงต้องปรับทิศทางแนว inferior vena cava/superior vena cava เสียใหม่ให้เอียงขึ้นไปในด้านหนึ่ง และมักจะต้องใช้ angle correction ในการวาง sampling gate ของ pulse Doppler การไหลเวียนเป็นแบบ low flow จึงมักจะกำหนด velocity range ไว้ต่ำกว่า 20 ซม./วินาที การประเมินการไหลเวียนเลือดใน inferior vena cava และ ductus venosus มีประโยชน์ในการทำงานของหัวใจได้อย่างดี เนื่องจากสะท้อนถึง preload ได้ดีมาก โดยเฉพาะการตรวจ pulse Doppler ใน ductus venosus มีการประยุกต์ใช้อย่างหลากหลายในทางคลินิก ทั้งในแง่ของ fetal well being ภาวะหัวใจล้มเหลว หรือความผิดปกติทางโครโมโซม เป็นต้น เลือดจาก suprahepatic vein และ ductus venosus เข้าสู่ inferior vena cava ตรงตำแหน่งที่กำลังจะเข้า right atrium แต่เลือดทั้งสองนี้มิได้ผสมกันเลยทีเดียว มีความเร็วแตกต่างกัน เลือดจาก left suprahepatic vein ซึ่งรับเลือดจาก ductus venosus เข้าสู่ส่วนหลัง-ซ้ายของ inferior vena cava มีความเร็วสูงกว่า พุ่งผ่านไปยัง foramen ovale โดยการปูทางให้ไปในทิศทางดังกล่าวจาก Eustachian tube และ crista dividens ดังนั้นเลือดจากส่วนซ้ายของหัวใจจะรับเลือดจากรก (มีออกซิเจนสูง) ในสัดส่วนที่สูงกว่าและเป็นเลือดที่ถูกกำหนดให้ทิศทางผ่านทาง left atrium, left ventricle ต่อไปทาง coronary artery และไปเลี้ยงส่วนศีรษะ ตำแหน่งที่ควรวางเคอเซอร์ในการตรวจรูปลิ้น inferior vena cava จึงควรเป็นส่วนที่อยู่ในช่องท้องระหว่าง renal veins กับ ductus venosus รูปลิ้นใน inferior vena cava และ superior vena cava เป็นสามช่วง (triphasic : S, D และ a) โดยที่ “a” wave แสดงการไหลย้อนกลับขนาดเล็ก ๆ เมื่อมีการบีบตัวของ atrium ซึ่งเป็นช่วงท้ายของ diastole ค่าอัตราส่วนของ reverse flow ต่อ forward flow จะลดลงตามอายุครรภ์ ซึ่งในไตรมาสที่สามควรมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 10⁽¹²⁾ ส่วนค่าที่แท้จริง (absolute) ของปริมาณเลือดไหลเวียน

ผ่าน inferior vena cava มักทำได้ยากเนื่องจากไม่สามารถแก้ไของศาการกระทบในการตรวจ จึงนิยมตรวจอัตราส่วนดังกล่าว หรือ pulsatility (ค่าปกติอยู่ระหว่าง 1.8 ± 0.2 ตลอดการตั้งครรภ์)

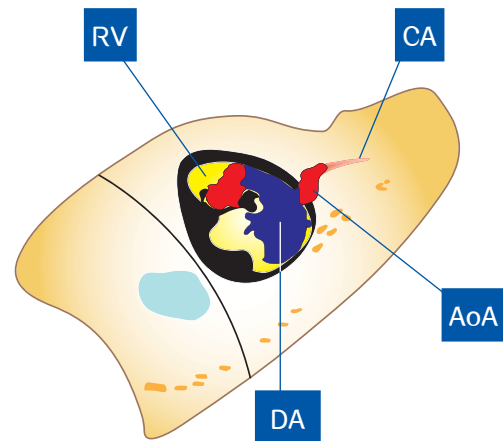
- **Azygos vein** : เป็นเส้นเลือดดำในส่วนหลังของท้องส่วนบน และทรวงอก ทอดในแนวยาวใกล้กับแนวกระดูกสันหลังทรวงอก เทเลียดกลับเข้าสู่ superior vena cava ทางข้างขวา อาจมีเชื่อมกับ inferior vena cava ส่วนที่อยู่เหนือไต ระดับ inferior vena cava สามารถเห็นได้จาก color flow mapping หรือ pulse Doppler ในภาวะปกติ ในกรณีที่ inferior vena cava ส่วนบนขาดหาย ซึ่งพบได้บ่อยใน left isomerism inferior vena cava ส่วนล่างจะเทผ่าน azygos เข้าสู่ superior vena cava ก่อนเข้า right atrium จะทำให้เห็นเส้นเลือดดำใหญ่ขนานกับ descending aorta ขึ้นไปในระดับสูงของทรวงอก ไม่เหมือน inferior vena cava ที่ทอดพุ่งแยกออกมาทางด้านหน้าก่อนเข้า right atrium ตามปกติ

ตัวอย่างความผิดปกติของหัวใจ

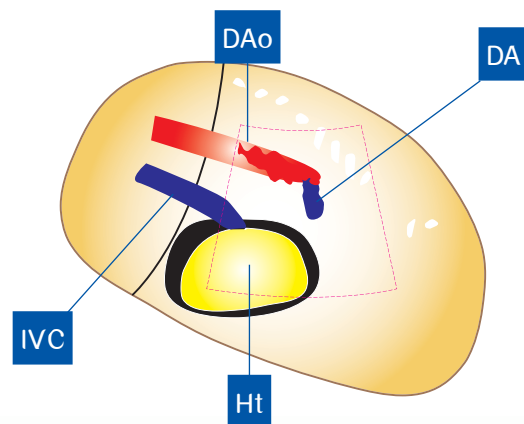
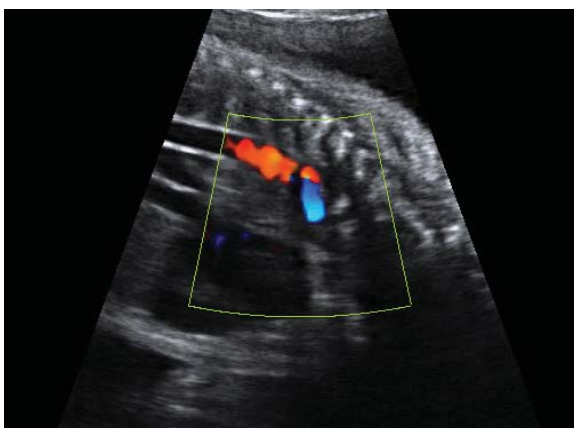
รูปที่ 9-9 ถึงรูปที่ 9-17 ภาพอัลตราซาวด์แสดงความผิดปกติของหัวใจที่ตรวจพบได้ในวิวนวาวของหลอดเลือดใหญ่



รูปที่ 9-9 LAoA: Interrupted aortic arch : แสดง aortic arch (AoA) ขนาดเล็กมาก และไม่เชื่อมต่อกับ ascending aorta ซึ่งต่อเนื่องเป็นเส้นตรงต่อไปเป็น brachiocephalic trunk (BCT) (DAo = descending aorta และ RV = right ventricle)

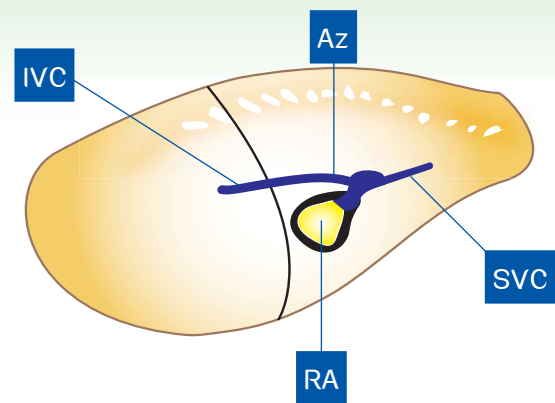


รูปที่ 9-10 LDA: Hypoplastic left heart syndrome with aortic stenosis : color flow mapping แสดง antegrade flow ใน ductal arch (DA) แต่มี retrograde flow ใน aortic arch (AoA) ส่งเลือดขึ้นไปเลี้ยงศีรษะ (CA = common carotid artery และ RV = right ventricle)

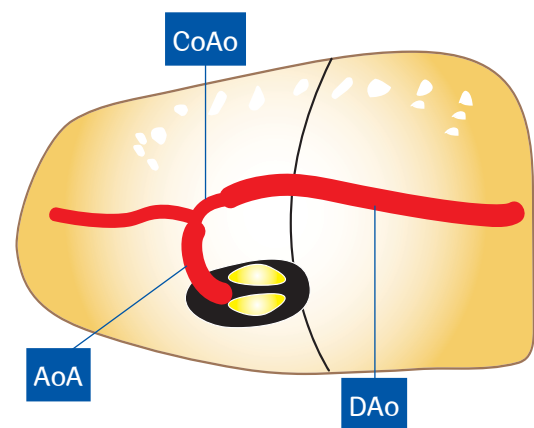


รูปที่ 9-11 LDA: Tetralogy of Fallot (pulmonary stenosis): color flow mapping แสดง retrograde flow ใน ductal arch (DA) ที่ย้อนกลับจาก aortic arch เพื่อส่งเลือดกลับเข้าไปเลี้ยงปอด (DAo = descending aorta, IVC = inferior vena cava และ Ht = heart)

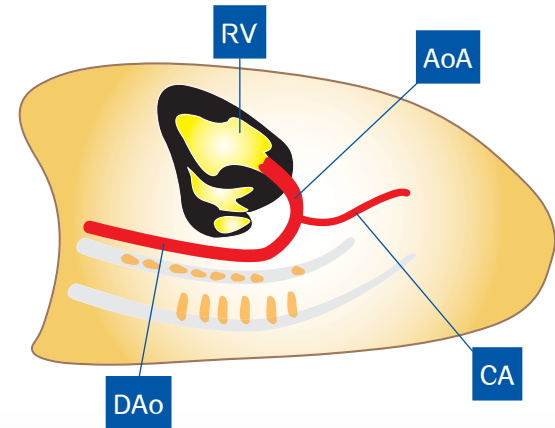




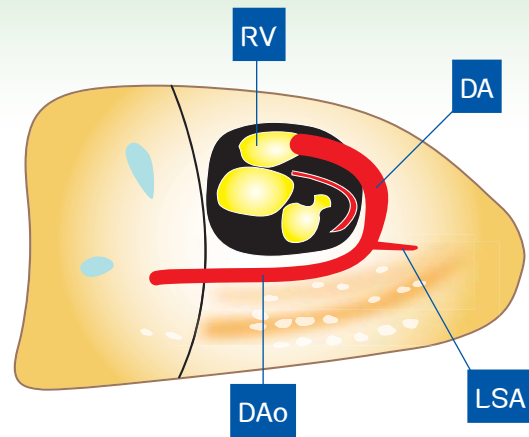
รูปที่ 9-12 BCV: Heterotaxy (left isomerism): แสดงเส้นเลือด inferior vena cava (IVC) ทอดสูงขึ้นไปทะลุเข้า azygos vein (Az) และทะลุเข้า superior vena cava (SVC) ก่อนที่จะทะลุเข้า right atrium (RA)



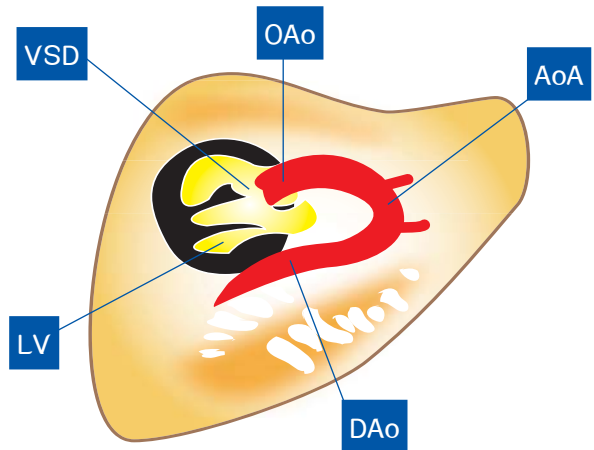
รูปที่ 9-13 LAoA: Coarctation of aorta (CoAo) : แสดง aortic arch (AoA) ส่วน isthmus มีขนาดเล็กกว่าปกติ เมื่อเทียบกับตำแหน่ง ascending aorta (AAo) และ descending aorta (DAo)



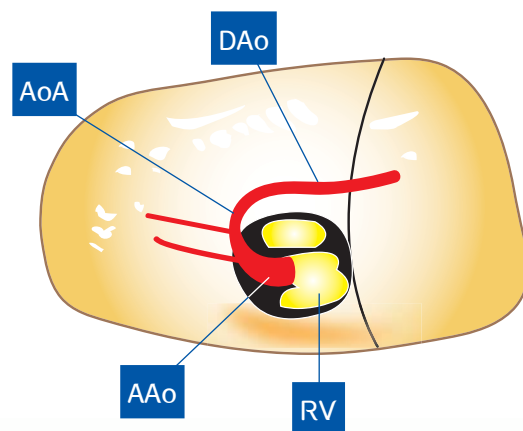
รูปที่ 9-14 LAoA: Double outlet right ventricle (DORV): แสดง anterior aortic arch (AoA) ซึ่งแตกแขนงไปเลี้ยงส่วนศีรษะตามปกติ แต่ส่วน ascending aorta (AAo) ออกมาจาก right ventricle (RV) ที่อยู่ทางส่วนหน้าของทรวงอก (CA = common carotid artery และ DAo = descending aorta)



รูปที่ 9-15 LDA: Interrupted aortic arch : แสดง ductal arch (DA) ปกติแต่มีการแตกแขนง left subclavian artery (LSA) ซึ่งปกติจะแตกจาก aortic arch (RV = right ventricle และ DAo = descending aorta)



รูปที่ 9-16 LAoA: Tetralogy of Fallot (TOF): แสดง ascending aorta (AAo) ที่มีขนาดใหญ่ และมีการคร่อม (overriding, OAo) ทั้ง left ventricle (LV) และ right ventricle (RV) ขณะออกจากหัวใจ (VSD = ventricular septal defect, AoA = aortic arch และ DAo = descending aorta)



รูปที่ 9-17 LAoA: Tetralogy of Fallot (TOF): แสดง ascending aorta (AAo) ที่มีขนาดใหญ่ และสำหรับการคร่อม (overriding) ทั้ง left ventricle (LV) และ right ventricle (RV) ขณะออกจากหัวใจไม่ชัดเจนในภาพนี้ (AoA = aortic arch และ DAo = descending aorta)



เอกสารอ้างอิง

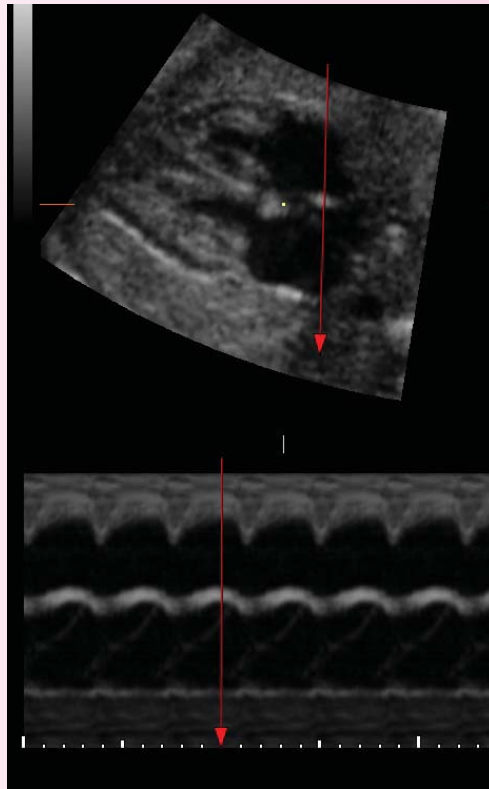
- 1) AIUM practice guideline for the performance of fetal echocardiography. J Ultrasound Med 2011 Jan;30(1):127-36.
- 2) DeVore GR. Fetal echocardiography : Gold Plus edition. 2010.
- 3) Levental M, Pretorius DH, Sklansky MS, Budorick NE, Nelson TR, Lou K. Three-dimensional ultrasonography of normal fetal heart: comparison with two-dimensional imaging. J Ultrasound Med 1998 Jun;17(6):341-8.
- 4) Ogge G, Gaglioti P, Maccanti S, Faggiano F, Todros T. Prenatal screening for congenital heart disease with four-chamber and outflow-tract views: a multicenter study. Ultrasound Obstet Gynecol 2006 Nov;28(6):779-84.
- 5) Nomiya M, Ueda Y, Toyota Y, Kawano H. Fetal aortic isthmus growth and morphology in late gestation. Ultrasound Obstet Gynecol 2002 Feb;19(2):153-7.
- 6) Achiron R, Zimand S, Hegesh J, Lipitz S, Zalel Y, Rotstein Z. Fetal aortic arch measurements between 14 and 38 weeks' gestation: in-utero ultrasonographic study. Ultrasound Obstet Gynecol 2000 Mar;15(3):226-30.
- 7) Udomwan P, Luewan S, Tongsong T. Fetal aortic arch measurements at 14 to 40 weeks' gestation derived by spatiotemporal image correlation volume data sets. J Ultrasound Med 2009 Dec;28(12):1651-6.
- 8) Mielke G, Benda N. Reference ranges for two-dimensional echocardiographic examination of the fetal ductus arteriosus. Ultrasound Obstet Gynecol 2000 Mar;15(3):219-25.
- 9) Pasquini L, Mellander M, Seale A, Matsui H, Roughton M, Ho SY, et al. Z-scores of the fetal aortic isthmus and duct: an aid to assessing arch hypoplasia. Ultrasound Obstet Gynecol 2007 Jun;29(6):628-33.
- 10) Traisrisilp K, Tongprasert F, Srisupundit K, Luewan S, Tongsong T. Reference ranges for the fetal ductal arch derived by cardio-spatiotemporal image correlation from 14 to 40 weeks' gestation. J Ultrasound Med 2012;(In Press).
- 11) Yoo SJ, Lee YH, Cho KS, Kim DY. Sequential segmental approach to fetal congenital heart disease. Cardiol Young 1999 Jul;9(4):430-44.
- 12) Hecher K, Campbell S. Characteristics of fetal venous blood flow under normal circumstances and during fetal disease. Ultrasound Obstet Gynecol 1996 Jan;7(1):68-83.



บทที่ 10

การตรวจหัวใจทารกด้วย M mode

Fetal Cardiac Assessment with M-mode



■ หลักการ.....	145
■ Four chamber view.....	146
■ วัดขนาดโครงสร้างของหัวใจ.....	147
■ ประเมินการทำงานของหัวใจ.....	150
■ ประเมินจังหวะการทำงานของ atrium และ ventricle	151
■ Irregular rhythm or Ectopic beat.....	152
■ Tachyarrhythmia	152
■ Supraventricular tachycardia (SVT).....	153
■ Atrial flutter (AF).....	153
■ Sinus tachycardia	154
■ Bradyarrhythmia	154
■ Atrioventricular (AV) block	154
■ Sinus bradycardia	154
■ สรุป	155
■ เอกสารอ้างอิง.....	155



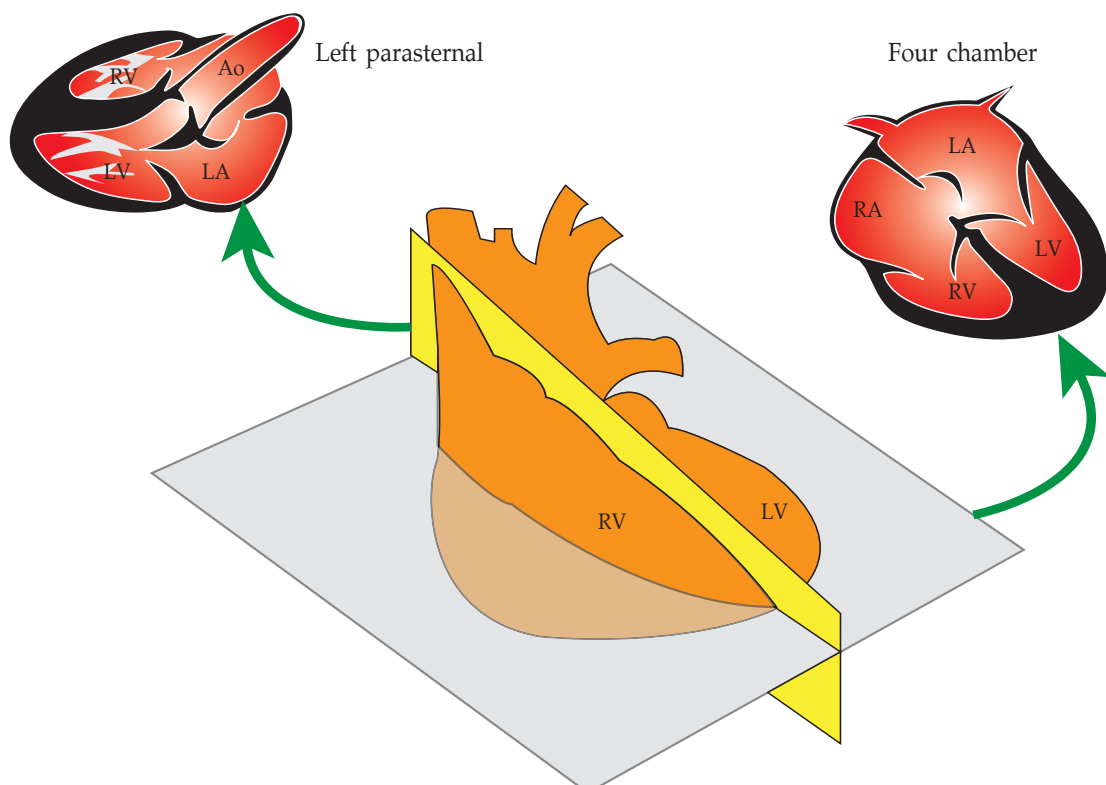
การตรวจด้วย M-mode ใช้แสดงการตรวจด้วยคลื่นเสียงที่จะเห็นต่อเนื่องกันเป็นแนวเส้นตามความเข้มของเนื้อเยื่อที่ตัดผ่าน ในปัจจุบันไม่เป็นที่นิยมนัก เพราะมีเทคนิคอื่น ๆ เช่น color และ pulsed Doppler ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่ M-mode ก็ยังมีประโยชน์ในการตรวจดังต่อไปนี้

- วัดขนาดโครงสร้างของหัวใจ
- ประเมินการทำงานของหัวใจ โดยเฉพาะ *left ventricular function*
- ประเมินจังหวะการทำงานของ *atrium* และ *ventricle*

หลักการ

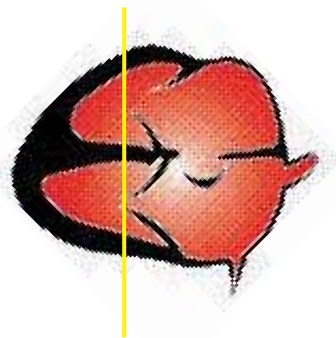
การตรวจด้วย M-mode เริ่มจากกำหนดทิศทางของทารกกว่าอยู่ทางด้านไหน แล้วจึงเริ่มตรวจด้วย B-mode ในวิวที่ใช้ตรวจบ่อยคือ four chamber และ left parasternal ดังรูปที่ 10-1 ส่วนวิวอื่น ๆ ที่ใช้ เช่น short axis ของ ventricles หรือ great vessels เป็นต้น

หลักสำคัญของการตรวจด้วย M-mode อยู่ที่การวาง M-line ให้ถูกต้องตามตำแหน่งและต้องตั้งฉากกับส่วนที่ต้องการตรวจ เช่น ถ้าต้องการตรวจในวิว four



รูปที่ 10-1 แนวระนาบในการตรวจ M-mode ในวิว four chamber และ left parasternal. RA=right atrium; RV=right ventricle; LA=left atrium; LV=left ventricle และ Ao=aorta (ดัดแปลงจาก DeVore GR, Siassi B, Platt LD. *Fetal Echocardiography I. Normal anatomy as determined by real-time-directed by M-mode ultrasound.* Am J Obstet Gynecol 1982 Oct 1;144(3):249-60)

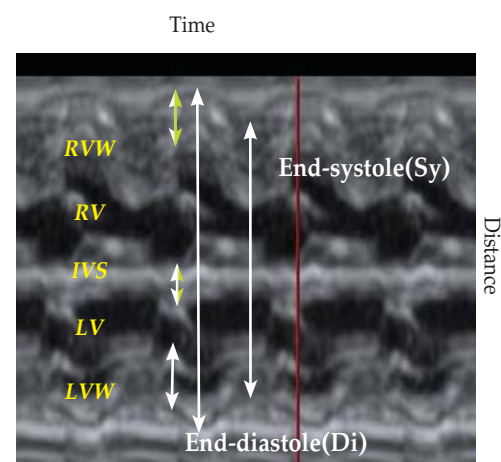
chamber ควรวางเส้นให้ตั้งฉากกับ interventricular septum ที่ระดับของ mitral และ tricuspid valve และที่สำคัญอีกอย่างคือ ต้องวัดในจังหวะ end-systole ซึ่งผนังจะบีบตัวและยื่นเข้ามาใน chamber มากที่สุด และ จังหวะ end-diastole ที่จะเห็นการปิดของ atrioventricular valves และผนังจะคลายตัวออกจาก chamber มากที่สุด ส่วนวิธี left parasternal ก็คล้ายกัน คือ ต้องวาง M line ให้ตั้งฉากกับสิ่งที่ต้องการตรวจ เช่น วางเส้นให้ตั้งฉากกับ right ventricle, aorta และ left atrium และวัดในจังหวะ end-systole โดย aorta จะขยายกว้างมากที่สุด ภาพการแสดงผลของ M-mode จะเห็นเป็นแนวเส้นของผนังโครงสร้างที่ M line ตัดผ่าน ในแนวแกน x เป็นเวลา ส่วนแกน y เป็นระยะทาง โดยจะเห็นเป็นแนวคลื่น ตามจังหวะการเต้นของหัวใจ ตำแหน่งที่สำคัญคือจังหวะ end-systole (Sy) และ end-diastole (Di) ดังรูปที่ 10-2



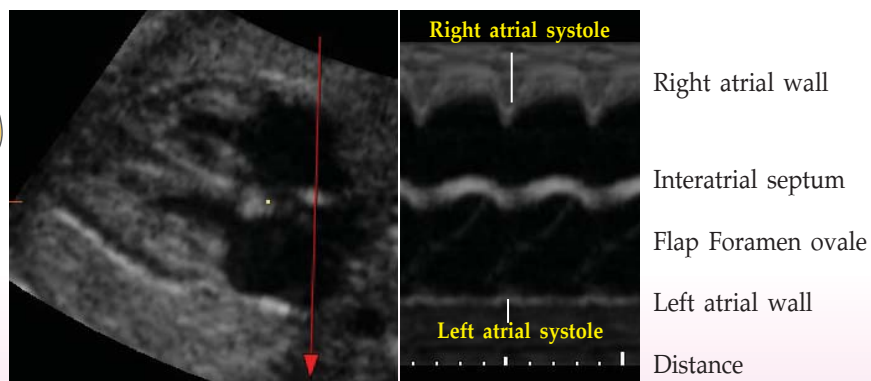
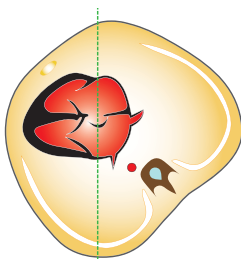
Four chamber view

ในวิธีนี้สามารถตรวจหรือวัดขนาดโครงสร้างต่าง ๆ ตามการวาง M line ได้ดังนี้

- Atrium (รูปที่ 10-3) การดู atrium ให้วาง M line ผ่าน atrium ทั้งสองข้าง และ interatrial septum ดังรูปที่ 10-3 จากรูป M-mode ด้านบน คือ right atrium ด้านล่างคือ left atrium ตรงกลางตัดผ่าน flap foramen ovale ที่เปิดและปิดเข้ามาทาง left atrium ซึ่ง foramen ovale จะเปิดตลอด cardiac cycle และจะเบนออกไปจากแนวกลางมากที่สุด ในตอนเริ่มมี atrial diastole ซึ่งในจังหวะนี้จะเริ่มมีเลือดไหลเข้ามาใน atrium ทั้งสองข้าง และ valve จะเปิดออกเต็มที่จนเห็นขนานกับ interatrial septum และจะเริ่มเคลื่อนกลับมายังตำแหน่งเดิมเมื่อเริ่มมี atrial systole ของข้างซ้าย



รูปที่ 10-2 ภาพ M-mode แสดง จังหวะ end-diastole หมายถึง จุดที่ tricuspid และ mitral valves ปิด, จังหวะ End-systole หมายถึง จุดที่ผนัง ventricle บีบตัวเข้ามาด้านในมากที่สุด (RVW = right ventricular wall, RV = right ventricle, IVS = interventricular septum, LV = left ventricle, LVW = left ventricular wall)



รูปที่ 10-3 ภาพ M-mode ตัดผ่าน atrium ทั้งสองข้าง และ flap foramen ovale ที่จะเปิดเข้าไปใน left atrium รวมถึงตำแหน่งที่เกิด atrial systole ของแต่ละข้าง



- Atrioventricular(AV) valve (รูปที่ 10-4) ถ้าวางแนว M line ผ่าน atrioventricular valve ทั้งสองข้าง จะสามารถวัดขนาดและประเมินการทำงานของ valves และ ventricle ได้
- Ventricles (รูปที่ 10-4) ในช่วงที่มี ventricular systole จะเห็นว่าแนวที่แสดง ventricular wall จะเข้ามาชิดแนวกลางที่เป็น interventricular septum ตำแหน่งที่เข้ามาชิดแนวกลางมากที่สุด หรือ peak แสดงถึง end systole และจะค่อย ๆ ห่างออกมาในจังหวะ diastole ซึ่งจะเห็นพร้อมกับการที่ valve เริ่มเปิด ส่วน interventricular septum จะหนาขึ้นในจังหวะ systole

Left parasternal view

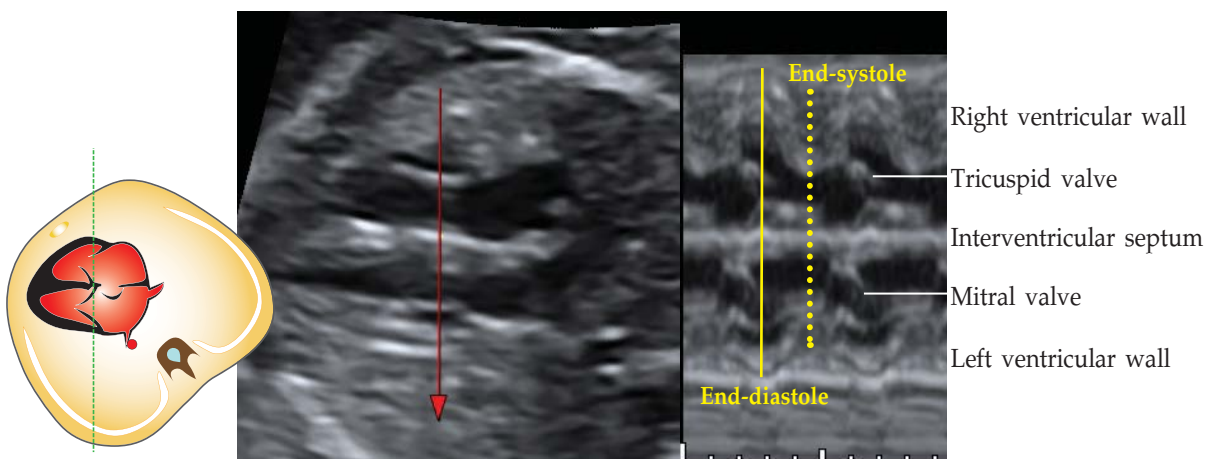
คือ วิว long axis ของ aorta ที่เห็น aorta ออกจาก

left ventricle ในวิธีนี้ส่วนใหญ่ใช้วัดขนาด aorta, right ventricle และ atrium เป็นหลัก ต้องวาง M line ตั้งฉากผ่านทั้ง 3 ส่วนนี้ ดังรูป 10-5

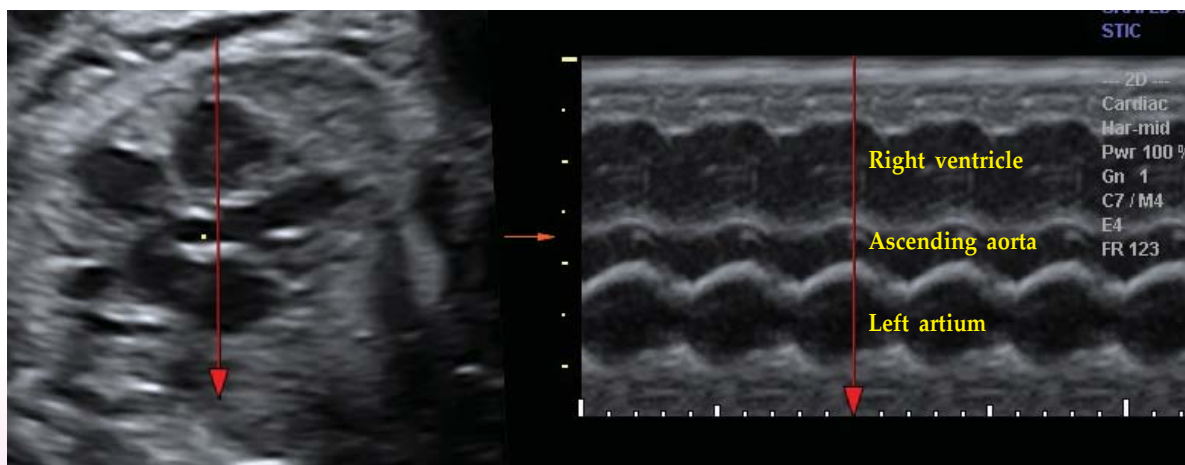
การประยุกต์ใช้ M mode

1. วัดขนาดโครงสร้างของหัวใจ

การวัดขนาดของหัวใจนั้น ถ้าทำด้วย M mode จะได้ค่าที่ถูกต้องมากกว่าใช้ B mode ธรรมดา เพราะสามารถปรับเลื่อนไปยังภาพที่ต้องการได้ แต่ข้อจำกัดคือ ต้องทำในภาพที่เหมาะสมเท่านั้น ซึ่งบางครั้งก็ไม่สามารถทำได้เพราะการเคลื่อนไหวของทารก



รูปที่ 10-4 ภาพ M-mode ตัดผ่านระดับ atrioventricular valves แสดงจังหวะ diastole และ systole



รูปที่ 10-5 ภาพ M-mode ในวิธี left parasternal แสดง right ventricle, aorta และ left atrium

การวัดขนาดของ atrium และ ventricle รวมถึงขนาดของผนังกันห้องหัวใจ (septal and left ventricular free wall thickness) ทำได้ทั้งใน view long axis หรือใน view short axis ของ left ventricle ในระดับที่ต่ำกว่า mitral valve และวาง M line ให้ตั้งฉากกับผนังของ ventricle การประเมินขนาดหัวใจบีบตัว (systole) ให้ดูจากความหนาของ ผนังห้องหัวใจและ ผนังกันห้อง โดยจะเห็นว่า ผนังห้องหัวใจจะเคลื่อนเข้าใกล้ interventricular septum มากที่สุดในจังหวะบีบตัว แต่ในช่วงคลายตัวจะอยู่ห่างออกมา ลักษณะคล้ายลูกคลื่น

การวัดขนาด ventricle⁽¹⁾

ส่วนใหญ่จะวัดได้จาก Four chamber view ของ จังหวะ end diastole โดยวัดค่าต่าง ๆ ดังนี้ (รูปที่ 10-6)

1. Inner dimension (ID)

จะเป็นส่วนที่กว้างที่สุดของ หัวใจห้องล่าง ซึ่งวัดจาก endocardium ของห้องหัวใจของแต่ละข้างมายังขอบด้านในของ interventricular septum ในด้านนั้นๆ และนำมาคำนวณหาสัดส่วนของ right ventricular inner dimension (RVID) ต่อ left ventricular inner dimension (LVID) ในช่วง end-diastole เพื่อดูว่าหัวใจสองข้างมีขนาดได้สัดส่วนกันหรือไม่ (cardiac disproportion)

จากการศึกษาของ DeVore, GR. ในปี 1984⁽¹⁾ พบว่า เมื่อคำนวณอัตราส่วนระหว่าง ขนาดของ right/left ventricles เมื่อเทียบกับอายุครรภ์ที่อ้างอิงจาก biparietal diameter (BPD) พบว่า จะมีอัตราส่วนพอ ๆ กัน (1:1) คงที่ตลอดการตั้งครรภ์

2. Biventricular outer dimension (BVOD)

คือ ขนาดของหัวใจที่วัดจากขอบนอกของ ventricle ทั้งสองข้าง ให้วัดจากแนวเส้นที่เป็น epicardium ของ left ventricle ไปยัง epicardium ของ right ventricle โดยจะเป็นการวัดขนาดจากผนังกล้ามเนื้อของ ventricle ทั้งสองข้าง ผนังกันห้อง และขนาดห้องหัวใจ ในจังหวะ diastole

3. Ventricular wall thickness (VWT)

ในการวัดค่าความหนาโดยรวมของผนังกล้ามเนื้อหัวใจทั้งหมด ซึ่งประกอบไปด้วย ความหนาของผนังห้องหัวใจด้านล่างซ้าย, ขวาและผนังกันห้องหัวใจ อาจใช้วิธีการคำนวณจากค่า end diastolic biventricular outer dimension ลบด้วยค่า right และ left end diastolic inner dimensions ซึ่งทำได้ง่ายและนิยมใช้กันมากกว่าอีกวิธีที่วัดความหนาของผนังแต่ละด้านในช่วง end diastolic แยกกันไปเลย

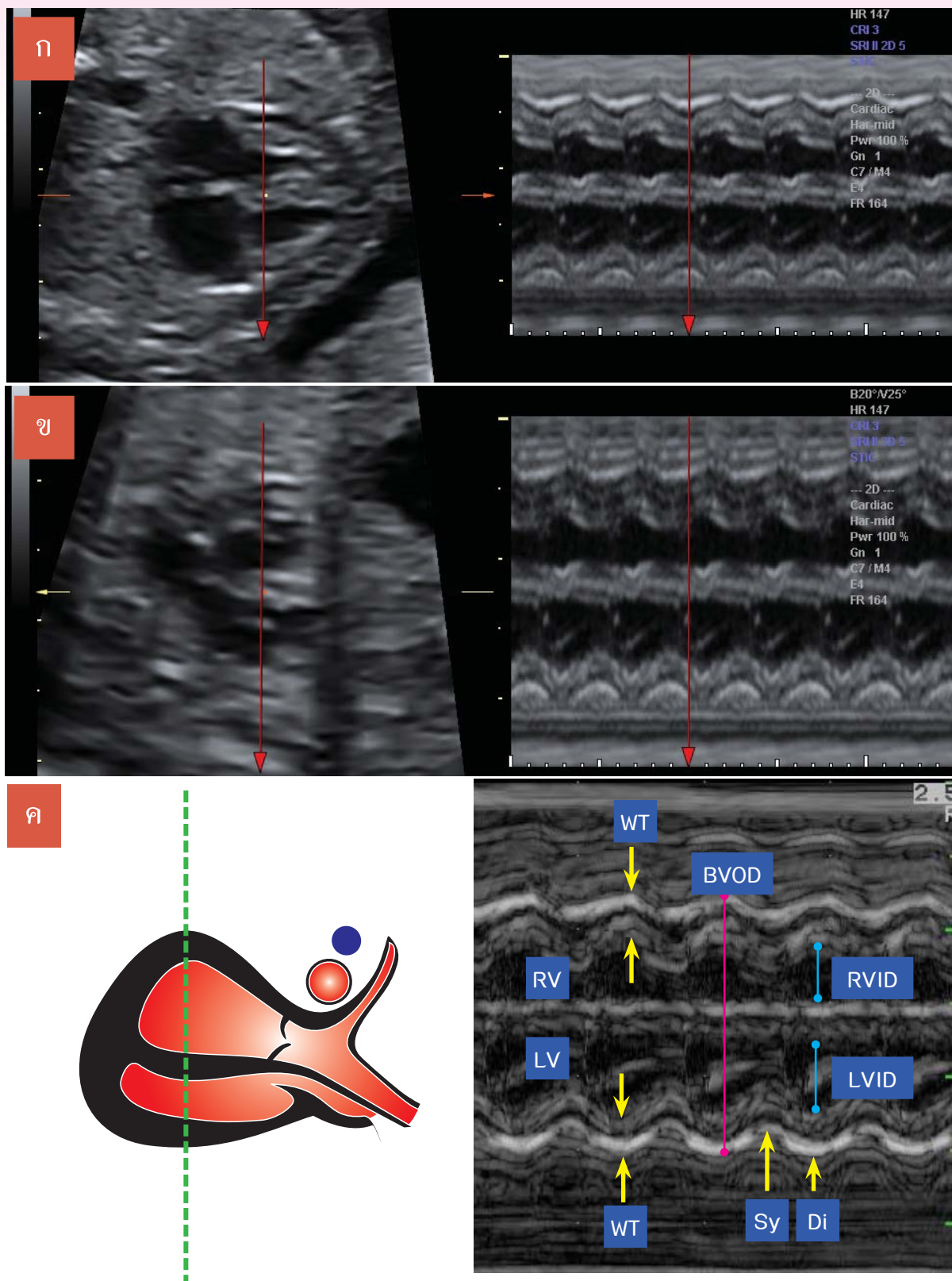
4. การวัดระยะเคลื่อนไหวของ mitral และ tricuspid valves⁽²⁾

เป็นการวัดระยะทางที่ valve สามารถเคลื่อนไหวไปได้ ทำโดยวาง M line ผ่านตัว valve โดยตรง และวัดขนาดหรือระยะทางที่ valve สามารถขยับไปถึงให้วัดขนาดของ valves หลังจากที่ valves เปิด ในจังหวะ diastole

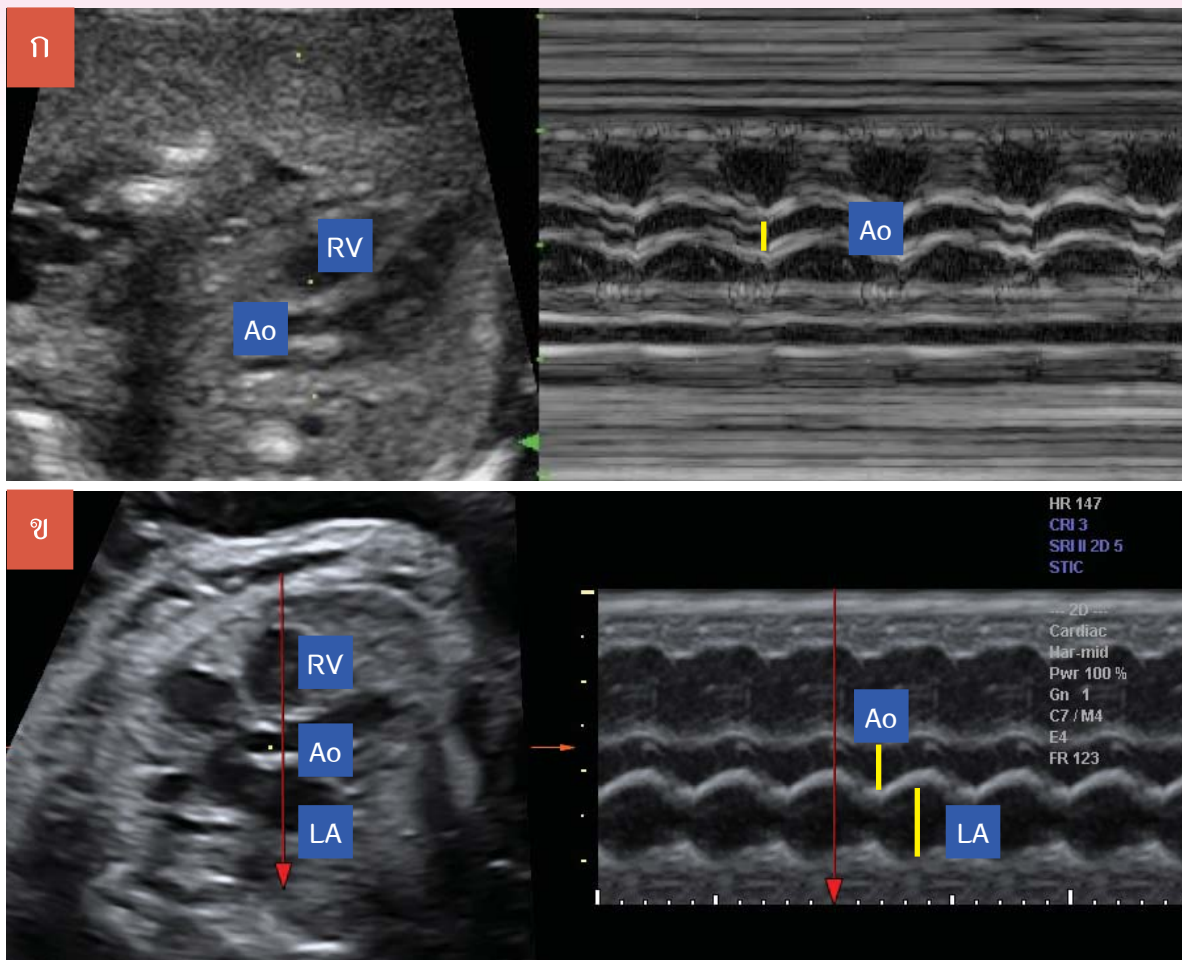
การวัดขนาดของ aortic root และ left atrium⁽³⁾

การวัดขนาดของเส้นเลือด aorta ให้เริ่มจาก long axis view ของ aorta ใน five chamber view วาง M line ให้ตั้งฉากกับ right ventricle ผนังของ aorta ที่ระดับของ aortic valve และ left atrium ในจังหวะ systole จะเห็น aortic root โป่งออก ควรวัดขนาดของ aortic root ใน plane นี้ เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง (รูปที่ 10-7)





รูปที่ 10-6 ภาพ M mode ใน long axis (ก) และ short axis view (ข) ของ ventricle แสดงการวัดค่าต่าง ๆ (ค) ; BVOD = biventricular outer dimension, RVID = right ventricular inner dimension, LVID = left ventricular inner dimension, WT = wall thickness, RV = right ventricle, LV = left ventricle, Sy = end-systole, and Di = end-diastole.



รูปที่ 10-7 ภาพ M mode ในระดับ five chamber view แสดงการวัดขนาด aortic root (Ao) และ left atrium (LA) ใน long axis view (RV = right ventricle)

2. ประเมินการทำงานของหัวใจ⁽⁴⁾

สามารถประเมินการทำงานของหัวใจ (cardiac function) โดยเฉพาะ left ventricle ซึ่งบอกถึง การทำงานในจังหวะบีบตัวของหัวใจ โดยตรวจจาก M mode ของ short axis view ของ left ventricle คำนวณ จากค่าที่ได้จากการวัดขนาดของ ventricle โดยวัด จากแนวขอบด้านในของ left ventricle ไปยังขอบของ interventricular septum ในจังหวะ end diastole จะได้ ค่า end diastolic dimension (EDD) ซึ่งเป็น diameter ที่กว้างที่สุด และในจังหวะ end systole จะได้ค่า end systolic dimension (ESD) ที่เป็น diameter ที่เล็ก ที่สุด และนำมาคำนวณหาค่า systolic function จาก สูตร (รูปที่ 10-8)

Shortening fraction (SF)

$$= \text{EDD} - \text{ESD} / \text{EDD}$$

นอกจากนี้ยังมีสูตรการคำนวณ

Mean circumferential shortening

$$= \text{EDD} - \text{ESD} / \text{Ejection time} \times \text{EDD}$$

ค่า shortening fraction ของทารกในครรภ์ปกติ มีค่าประมาณร้อยละ 28 - 40 โดยจะคงที่ตลอดการ ตั้งครรภ์ ตั้งแต่อายุครรภ์ 18-40 สัปดาห์ เช่นเดียวกับค่า mean circumferential shortening และถ้ามีความผิดปกติในการทำงานของหัวใจ เช่น right side heart failure ค่า shortening fraction และ mean circumferential shortening จะน้อยกว่า 5th centile โดย ตารางที่ 10-1 แสดงค่าปกติของการทำงานของหัวใจ

