

**ANITA AROLA**

LT, lastentautien ja lastenkardiologian erikoislääkäri  
TYKS, Lasten ja nuorten klinikka

**TUIJA POUTANEN**

dosentti, lastentautien ja lastenkardiologian erikoislääkäri  
TAYS, Lastenlinikka

**KIRJALLISUUTTA**

- Charron P, Arad M, Arbustini E ym. Genetic counselling and testing in cardiomyopathies: a position statement of the European Society of Cardiology Working Group on Myocardial and Pericardial Diseases. *Eur Heart J* 2010;31:2715–28.
- Eerola A, Poutanen T. Milloin on syytä epäillä sydänvikaa lapsella? *Suom Lääkäril* 2010;40:3211–7.
- Kimball TR, Michelfelder EC. Echocardiography: Basic principles and imaging. Kirjassa: Moss and Adams' Heart Disease in Infants, Children, and Adolescents Including the Fetus and Young Adult. 8. painos. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, USA 2013;134-71.

## Lapsen sydämen ultraäänidiagnostiikka

- Sydämen kaikututkimuksen avulla voidaan diagnosoida suurin osa lasten ja nuorten rakenteellisista sydän-  
vioista, sydänlihassairauksista ja monista muista sydämen anatomisista ja fysiologisista poikkeavuuksista.
- Kolmiulotteinen ultraäänitekniikka mahdollistaa erityistilanteissa läppäänatomian sekä kammioilavuuksien ja  
-funktion tutkimisen aiempaa tarkemmin.
- Dopplertekniikoita ja kaksiulotteista strain-tekniikkaa voidaan käyttää sydänlihaksen paikallisen systolisen ja  
diastolisen toiminnan arviointiin.

Sydämen kaikututkimuksesta on 30 viime vuoden aikana tullut ensisijainen tutkimustapa lasten sydänten synnynnäisten rakennevikojen diagnostiikassa ja seurannassa. Kaikututkimuksen avulla tutkitaan myös sydänlihassairauksia, sydämensisäisiä kasvamia sekä arvioidaan kammiofunktioita ja läppien toimintaa myös infektioiden tai syöpähoitojen aikana ja jälkeen. Lisäksi sen avulla voidaan diagnosoida ja seurata muihin sairauksiin ja hoitoihin liittyviä komplikaatioita, kuten sydämen vajaatoimintaa, perikardiumnesteen määrää sekä sydämensisäisiä verihyytymiä (taulukko 1).

Kaikututkimus ei korvaa hyvää anamneesia ja huolellista kliinistä tutkimusta, vaan täydentää niitä tarvittaessa (2). Tutkimuksen kiireellisyys määräytyy lapsen yleisvoinnin ja löydösten mukaan. Oireeton leikki-ikäinen tai sitä vanhempi lapsi voidaan useimmiten lähettää tutkimuksiin kiireettömästi.

kokoiseen teini-ikäiseen, tarvitaan useita ultraääniantureita. Keskosvauvoille ja vastasyntyneille valitaan ensisijaisesti 10–12 MHz:n anturi, isommille vauvoille ja leikki-ikäisille 5–8 MHz:n ja teini-ikäisille 3–5 MHz:n anturi.

Anturia kannattaa rohkeasti vaihtaa kesken tutkimuksen, jos näkyvyys on puutteellinen. Samanaikaista EKG-rekisteröintiä tarvitaan mm. mittausten tarkan ajoittamisen vuoksi. Kuvien tallentaminen sähköiseen arkistoon mahdollistaa löydösten vertailun aiempiin tutkimustuloksiin. Tallennettuja liikkuvia kuvia voidaan käyttää apuna myös konsultaatiossa.

Transtorakalisessa tutkimuksessa näkyvydet ovat etenkin pienillä lapsilla usein erinomaiset. Ne mahdollistavat mm. eteisväliseinän, sepelvaltimoiden, keuhkovaltimon päähaarojen, aortan kaaren ja keuhkolaskimoiden tarkan anatomian selvittämisen.

Aikuisilla näiden rakenteiden visualisoiminen on haasteellista ja edellyttää usein muiden tutkimusmenetelmien käyttöä. Pieni lapsi voi maata tutkimuspöydällä selällään, eikä asentoa useinkaan tarvitse muuttaa. Isompien lasten tutkimuksissa tietyt asennot parantavat näkyvyyttä (vasen kylkimakuu apikaalisessa ja parasternaali-ikkunassa, selinmakuu subkostaali-ikkunassa, tukityyny hartioiden alla suprasternaali-ikkunassa). Aorttastenoosin vaikeusastetta arvioitaessa paras näkyvyys saadaan joskus lapsen maatessa oikealla kyljellään.

Lapset ovat haasteellisia tutkittavia, sillä he saattavat itkeä pelätessään tutkimusta tai olla muuten vastahankaisia eivätkä aina jaksaa olla paikallaan tarvittavaa aikaa. Tutkimushuoneen tulisi olla rauhallinen ja lapsiystävällinen. Tuttu-  
jen aikuisten ja kokeneen sairaanhoitajan tuki ovat keskeisiä tekijöitä tutkimuksen onnistumisessa. Lämmin geeli vähentää tutkimukseen

*Yhden merkittävän rakennevirian löytyminen ei sulje pois muita vikoja.*

### Teknisiä ja käytännön näkökohtia

Nykyaikaisissa ultraäänilaitteissa on runsaasti ominaisuuksia, joita voidaan hyödyntää myös lasten tutkimuksissa. Laitteisiin voidaan määrittää asetuksia, jotka ottavat huomioon lapsen sydämen pienemmän koon sekä lyhyemmän etäisyyden rintakehän ja tutkittavien rakenteiden välillä. Kuva on aina kompromissi erotuskyvyn (resoluution) ja kudosläpäisevyyden (penetraation) välillä (3).

Koska tutkittavien lasten koko vaihtelee pikukokeskosen noin 500 grammasta aikuisen

LIITEAINEISTO  
verkossa  
**laakarilehti.fi**

Sisällysluettelot  
SLL 4/2019

VERTAISARVIOITU



- 4 Mertens LL, Friedberg MK. Echocardiographic assessment of cardiac dimensions, cardiac function, and valve function. Kirjassa: Moss and Adams' Heart Disease in Infants, Children, and Adolescents Including the Fetus and Young Adult. 8. painos. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, USA 2013;172–206.
- 5 Koestenberger M, Ravekes W, Everett AD ym. Right ventricular function in infants, children and adolescents: reference values of the tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) in 640 healthy patients and calculation of z score values. J Am Soc Echocardiogr 2009;22:715–19.
- 6 Lopez L, Colan S, Stylianou M ym. Relationship of echocardiographic z scores adjusted for body surface area to age, sex, race, and ethnicity: The Pediatric Heart Network Normal Echocardiogram Database. Circ Cardiovasc Imaging 2017;10(11). pii: e006979. doi 10.1161/CIRCIMA-GING.117.006979.
- 7 Chubb H, Simpson JE. The use of Z-scores in paediatric cardiology. Ann Pediatr Cardiol 2012;5: 179–84.
- 8 Dragulescu A, Mertens LL. Developments in echocardiographic techniques for the evaluation of ventricular function in children. Arch Cardiovasc Dis 2010;103:603–14.
- 9 Simpson J, Lopez L, Acar P ym. Three-dimensional echocardiography in congenital heart disease: An expert consensus document from the European Association of Cardiovascular Imaging and the American Society of Echocardiography. J Am Soc Echocardiogr 2017;30:1–27.
- 10 Rahkonen O. Oikovirtausviat. Kirjassa: Ojala T, Happonen J-M, Jokinen E, Pihkala J, toim. Käytännön lastenkardiologiaa, 1. painos. Kustannus Oy Duodecim, Helsinki 2017;79–94.
- 11 Boldt T. Läppäviat. Kirjassa: Ojala T, Happonen J-M, Jokinen E, Pihkala J, toim. Käytännön lastenkardiologiaa, 1. painos. Kustannus Oy Duodecim, Helsinki 2017;95–105.
- 12 Baumgartner H, Hung J, Bermejo J ym. Echocardiographic assessment of valve stenosis. EAE/ASE recommendations for clinical practice. Eur J Echocardiogr 2009;10:1–25.
- 13 Ruotsalainen H. Aortan koarktatio ja muut aortan kaaren poikkeavuudet. Kirjassa: Ojala T, Happonen J-M, Jokinen E, Pihkala J, toim. Käytännön lastenkardiologiaa, 1. painos. Kustannus Oy Duodecim, Helsinki 2017;115–20.

liittyvää epämukavuutta. Käytössä ovat myös lelut, kirjat, pelit, musiikki ja elokuvat. Vauvojen rauhoittamiseksi tutti, sokeriliuos tai maitopullo voivat olla tarpeellisia. Joskus on tarpeen käyttää rauhoittavaa lääkettä, mutta se edellyttää sairaalatasoista valvontaa.

### Tutkimuksen suorittaminen

Lapsen sydämen kaikukuvauksessa määritetään sydämen torako-abdominaalinen sijainti, sydämen sijainti rintaontelossa, eteisten ja kammioiden morfologia, niiden yhteydet toisiinsa, kammioiden ja suurten suonien väliset yhteydet sekä keuhko- ja systeemilaskimot tiettyjä standardoituja ikkunoita käyttäen (kuva 1). Yhden merkittävän rakennevian löytyminen ei sulje pois muita vikoja.

Sydämen segmentiaaliseen kaikututkimukseen voi tutustua verkossa myös videoiden avulla (videot 1–12, [www.laakarilehti.fi](http://www.laakarilehti.fi) > Sisällysluettelot > SLL 4/2019).

Kaksiulotteisella (2D) kaikukuvauksella tarkastellaan sydämen lokeroita, läppiä, suuria suonia ja lisäksi sekä eteisten, kammioiden että suurten suonien välisiä yhteyksiä. Kokenut tutkija pystyy silmämääräisesti arvioimaan eteisten ja kammioiden kokoa suhteessa toisiinsa, kammioiden supistuvuutta sekä suurten suonien kokoa, lähtökohtaa ja kulkua suhteessa toisiinsa.

Parasternaalisesta vasemman kammion pitkä- tai lyhytakselinäkömystä muodostettavan M-kuvan avulla mitataan kammioiden kokoa, seinämäpaksuuksia ja supistuvuutta. Vasemman kammion supistumista kuvaava suure, suhteellinen lyhenemä (fractional shortening, FS) lasketaan kammion loppudiastolista ja -systolista mittaa hyväksi käyttäen (kuva 2A).

Ultraäänilaitteissa on valmis algoritmi (Teichholtzin kaava), joka laskee M-kuvasta myös ejektiofraktion (EF). EF voidaan määrittää myös manuaalisesti mittaamalla kaksi- tai nelilokerokuvasta vasemman kammion systolinen ja diastolinen pinta-ala ja pituus tai ns. Simpsonin menetelmää hyväksi käyttäen (4).

Nelilokeronäkymästä M-kuvan avulla mitattava trikuspidaaliannuluksen pitkittäisliike (tricuspid annular plane excursion, TAPSE) (kuva 2B) on yksinkertaisin ja nopein tapa arvioida oikean kammion systolista funktiota (5).

Lokeroiden koot, seinämien paksuudet sekä läppäaukkojen ja suonien läpimitat suhteute-

## TAULUKKO 1.

### Sydämen kaikututkimuksen aiheita lapsilla

Synnynäiset rakenteelliset sydänviat
Sydänlihassairaudet
Rytmi- ja johtumishäiriöt
Hypertensio
Pulmonaalihypertensio
Infektiot ja tulehdukselliset sairaudet
Myokardiitti
Perikardiitti
Endokardiitti
Sydämen vajaatoiminta
Sydämensisäiset verihyytyvät
Kasvaimet
Neuromuskulaariset sairaudet
Systeemiset sidekudossairaudet
Oireyhtymät
Sydämensiirron jälkitila
Sytostaattihoidot ja niiden jälkitilat
Lähisuvussa esiintyvät vaikeat synnynäiset rakenteelliset sydänviat
Suvussa esiintyvät perinnölliset sydänlihas- tai rytmihäiriösairaudet <sup>1</sup>
Selittämättömät tajunnanmenetykset
Sydämen sivuäänät <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kansainvälinen suositus (1)

<sup>2</sup> Yli kahden vuorokauden ikäiset vastasyntyneet aina sekä leikki- ja kouluikäiset lapset ja nuoret, kun sivuäänien luonne tai lokalisaatio tai muut statuslöydökset tai oireet herättävät epäilyn rakenteellisesta sydänviasta (2)

taan tutkittavan lapsen pinta-alaan. Saatuja arvoja verrataan terveiden lasten viitearvoihin ja ilmoitetaan keskihajontoina (Z-arvoina) normaaliarvoista (6). Nykyisin käytössä on myös tähän tarkoitukseen kehitettyjä mobiilisovelluksia (7).

Jatkuvan, pulsoivan ja värähdöskuvien avulla arvioidaan verenvirtausten suuntaa ja pyörteisyyttä, virtausnopeuksia ja paine-eroja sekä kammioiden systolista ja diastolista funktiota. Virtausnopeuksia mitattaessa kursori asetetaan mahdollisimman tarkasti virtauksen suuntaiseksi.

Värähdöskuvien avulla identifioidaan läppävuodot ja oikovirtaukset. Virtaus muuttuu pyörteiseksi (moniväriiseksi) ja kiihtyy kapeassa kohdassa (esim. läppäahtauma). Tällöin virtausnopeudesta voidaan laskea ahtauman astetta

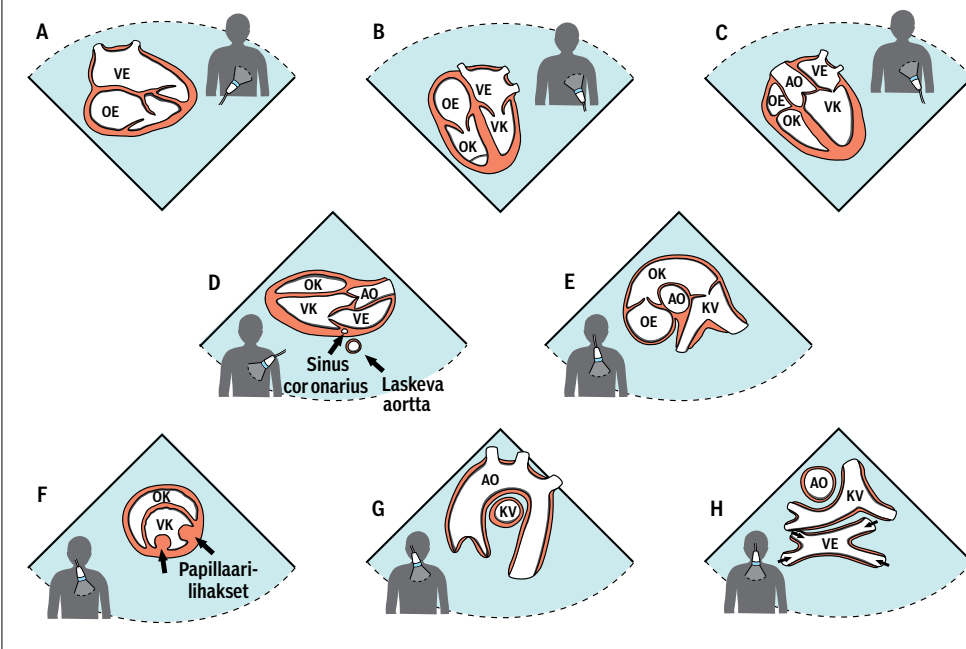
- 14 Dijkema EJ, Leiner T, Grotenhuis HB. Diagnosis, imaging and clinical management of aortic coarctation. *Heart* 2017;103:1148–55.
- 15 Ojala T. Vastasyntyneen synnynnäinen sydänvika. Kirjassa: Ojala T, Happonen J-M, Jokinen E, Pihkala J, toim. Käytännön lastenkardiologia, I. painos. Kustannus Oy Duodecim, Helsinki 2017;64–70.
- 16 DiLorenzo MP, Bhatt SM, Mercer-Rosa L. How best to assess right ventricular function by echocardiography. *Cardiol Young* 2015;25:1473–81.
- 17 Rudski LG, Lai WW, Afilalo J m. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography. Endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23:685–713.
- 18 Oh JK, Park S-J, Nagueh SF. Established and novel clinical applications of diastolic function assessment by echocardiography. *Circ Cardiovasc Imaging* 2011;4:444–55.
- 19 Lopez L, Colan SD, Frommelt PC ym. Recommendations for quantification methods during the performance of a pediatric echocardiogram: a report from the Pediatric Measurements Working Group of the American Society of Echocardiography Pediatric and Congenital Heart Disease Council. *Am J Soc Echocardiogr* 2010;23:465–95.
- 20 Kylmä M. Sydämen muovautumisen kuvantaminen. *Duodecim* 2017;133:456–64.
- 21 Levy P, Machevsky A, Sanchez AA ym. Reference ranges of left ventricular strain measures by two-dimensional speckle-tracking echocardiography in children: a systematic review and meta-analysis. *J Am Soc Echocardiogr* 2016 Mar;29(3):209–225.e6. doi: 10.1016/j.echo.2015.11.016. Epub 2015 Dec 30.
- 22 Klugman D, Berger JT. Echocardiography and focused cardiac ultrasound. *Pediatr Crit Care Med* 2016;17(8 Suppl 1):S222-4.

1 KUVA 1.

### Sydämen kaikututkimuksen standardi-ikkunat ja niissä näkyvät sydämen rakenteet

Subkostaali-ikkunasta (A) voidaan arvioida parhaiten eteisväliseinää. Apikaalinen nelilokeronäkymä (B). Ns. "viisilokeronäkymä", jossa nähdään myös vasemman kammion ulosvirtauskanava ja nouseva aortta (C). Parasternaalinen pitkäakselinäkö (D), jossa visualisoituvat myös koronaarisinus ja laskeva aortta. Parasternaalisesta lyhytakselinäköstä (E,F) voidaan tarkastella mm. oikean sydänpuoliskon rakenteita, aorttaläppää ja vasemman kammion papillaarilihaksia. Suprasternaali-ikkunasta (G,H) visualisoituvat aortan kaari ja keuhkolaskimot (nuolet).

OE = oikea eteinen, VE = vasen eteinen, OK = oikea kammiot, VK = vasen kammiot, AO = aortta, KV = keuhkovaltimo



kuvaava paine-ero (gradientti) yksinkertaistetun Bernoullin yhtälön avulla ( $\Delta P = 4v^2$ , jossa  $\Delta P$  on paine-ero ja  $v$  = virtaus ahtauman distaalipuolella). Kudosdoppleria voidaan käyttää täydentävänä tutkimuksena erityisesti kammioiden systolisen ja diastolisen toiminnan ja paikallisten seinämäliikehäiriöiden tutkimisessa (4,8).

Kolmiulotteista (3D) kaikukuvausta käytetään kaksikulotteisen kaikukuvauksen rinnalla läppä-anatomian selvittämisessä ennen kirurgisia toimenpiteitä tai kammioiden tilavuuden ja funktion määrittämisessä monimutkaisissa sydänvivoissa, sydänlihassairauksissa ja paikallisissa seinämäliikehäiriöissä (4,9).

Ruokatorven kautta tehtävän eli transesofageaalisen kaikukardiografian (TEE) tärkein käyttöaihe lapsilla on secundum-tyyppisten eteisaukkojen katetrisulun sekä avosydänleikkausten yhteydessä. TEE on tarpeellinen myös endokardiittia tai sydämensisäisiä trombeja

epäiltäessä, jos näkyvyys on puutteellinen transorakaalisessa tutkimuksessa (3). Lapsilla TEE on aina erikseen harkittava tutkimus, sillä se edellyttää anestesiaa ja siihen tarvitaan lapselle sopiva anturi.

### Sydämen synnynäiset rakenneviat

Kammioväliseinäaukot (VSD) (videot 13–15) ovat sydämen tavallisimpia rakennepoikkeavuuksia (10). Ne voivat olla yksittäisiä (kuva 3A) (video 13), niitä voi olla useita, tai joskus kammioväliseinä voi olla siivilämäinen rakenne ("Swiss cheese"), jossa lukuisten aukkojen välissä on vain vähän lihassinää.

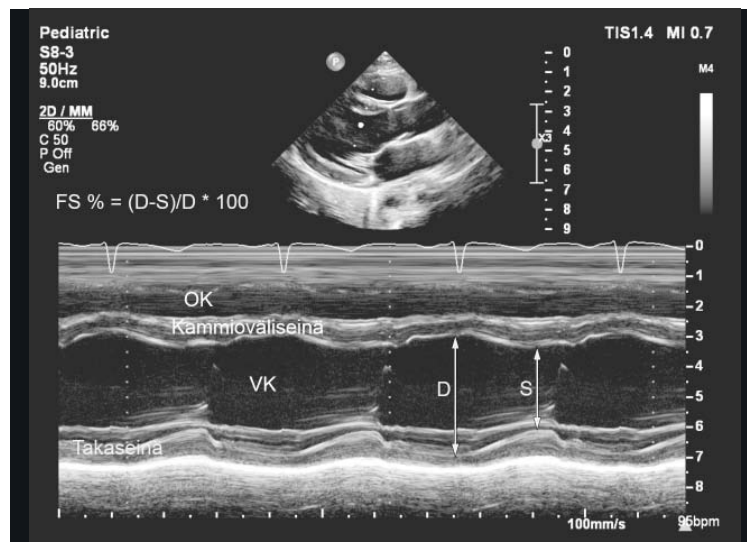
Aukon tai aukkojen kokoa arvioidaan 2D- tai värídopplerkuvasta, joka usein liioittelee aukon suuruutta (video 13). Toisaalta värídopplerin avulla voidaan nähdä aukkoja, joita 2D-tutkimuksessa ei saada näkyviin. Aukko on potentiaalisesti verenkierröllisesti merkittävä, jos sen

KUVA 2A.

### M-kuva vasemman kammion pitkäkselinäkymästä

M-kuvasta mitataan kammioiden läpimitat ja seinämäpaksuudet. Kammioväliseinä ja vasemman kammion takaseinä liikkuvat toisiaan kohti systolissa. Vasemman kammion diastolisesta (D) ja systolisesta (S) läpimitasta lasketaan sydämen supistuvuutta kuvaava suhteellinen lyhenemä (fractional shortening, FS), jonka normaaliarvo lapsilla on yli 28 %.

VK = vasen kammio, OK = oikea kammio.

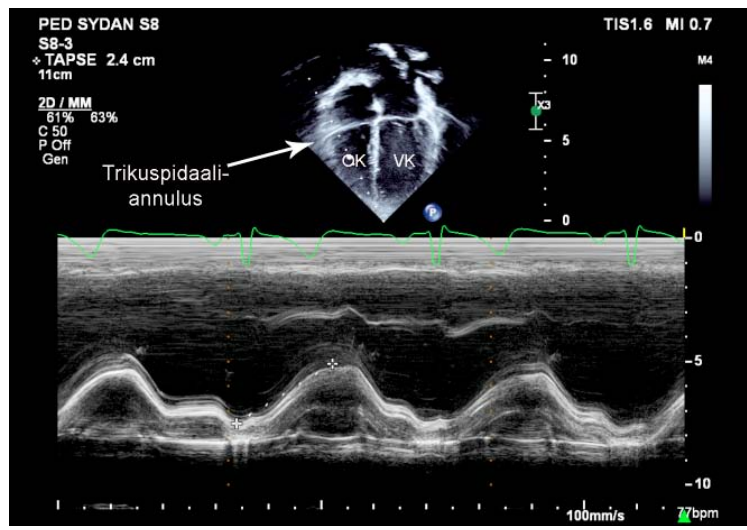


KUVA 2B.

### Nelilokerokuva

Nelilokerokuvasta trikuspidaaliläppärenkaan kohdalta mitataan M-kuvan avulla oikean kammion lateraaliseinä pitkäkselinäkymä, joka kuvaa oikean kammion systolista funktiota.

VK = vasen kammio, OK = oikea kammio



läpimita on yli 50 % aorttaläppärenkaan läpimitasta.

VSD:n sijainnin määrittämiseksi tarvitaan usein kaikkia standardinäkymiä. Lihaksisen seinän alueella olevat (muskulaariset) aukot näkyvät parhaiten parasternaali- ja nelilokeronäkymistä, kammioväliseinä yläosassa perimembranoottisesti sijaitsevat apikaalisesta viisilokeronäkymästä (kuva 3B) (video 14) tai parasternaalisesta aortan poikkileikkauks kuvasta klo 11 kohdalla (video 15). Muskulaariset aukot voivat pienentyä merkityksettömiksi tai sulkeutua lapsen kasvaessa, perimembranoottisesti sijaitsevat harvemmin. Lähellä kammio-valtimoläppiä sijaitsevat oikovirtaukset voivat häiritä läppien toimintaa ja vaurioittaa läppärakenteita pysyvästi.

VSD:n koon ja sijainnin lisäksi on oleellista selvittää aukon kautta kulkevan verenvirtauksen suunta ja nopeus sekä mahdolliset sydämen kuormitusmuutokset. Merkittävä vasemmalta oikealle suuntautuva oikovirtaus johtaa keuhkoverenkierron lisääntymiseen, vasemman eteisen ja kammion laajenemiseen ja sekundaariseen mitraaliläppän vuotoon. Runsaasta oikovirtauksesta huolimatta vasemman kammion pumppaustoiminta pysyy hyvänä.

Oikovirtauksesta arvioidaan vasemman ja oikean kammion välinen paine-ero jatkuvan dopplerin avulla ja Bernoullin yhtälöä soveltamalla. Arvio oikean kammion ja keuhkovaltimon paineesta saadaan vähentämällä saatu paine-ero systolisesta verenpaineesta (kuva 3C). Runsa virtaus voi johtaa oikean kammion ja keuhkovaltimopaineen nousuun.

Eteisväliseinä aukot (ASD) identifioidaan yleensä transtorakaalisen kaikukardiografian avulla. ASD sijaitsee tavallisimmin eteisväliseinä keskiosassa soikean ikkunan kohdalla (ASD secundum;) (liitekuva 1A, liitekuva 1B, [www.laakarilehti.fi](http://www.laakarilehti.fi) > Sisällysluettelo > SLL 4/2019), (video 16, video 17). Primum-tyyppinen aukko sijaitsee heti eteis-kammio-läppätaason yläpuolella, ja siihen liittyy erityisesti vasemman eteis-kammio-läppän rakennevika.

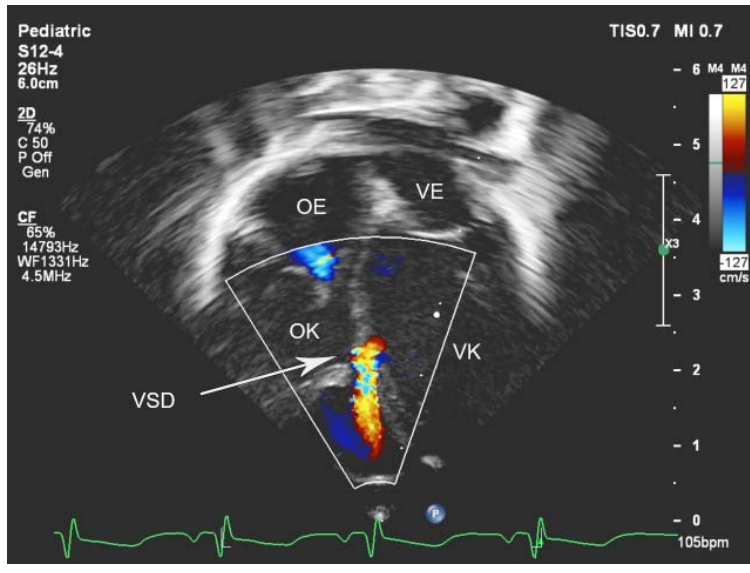
Harvinainen sinus venosus -ASD sijaitsee oikean eteisen ja yläonttolaskimon liitoskohdassa. Sen yhteydessä todetaan usein osittain poikkeava keuhkolaskimopaluu (oikealta) (10). Kookas ASD aiheuttaa runsaan oikovirtauksen vasemmalta oikealle ja johtaa oikean kammion tilavuuskuormitukseen. Tällöin oikea kammio

KUVA 3A.

### Muskulaarinen kammioväliseinän aukko

Nelilokeronäkymästä nähdään pieni aukko kammioväliseinän keskiosan lihaksisella alueella (nuoli).

OE = oikea eteinen, OK = oikea kammio, VE = vasen eteinen, VK = vasen kammio, VSD = kammioväliseinän aukko.

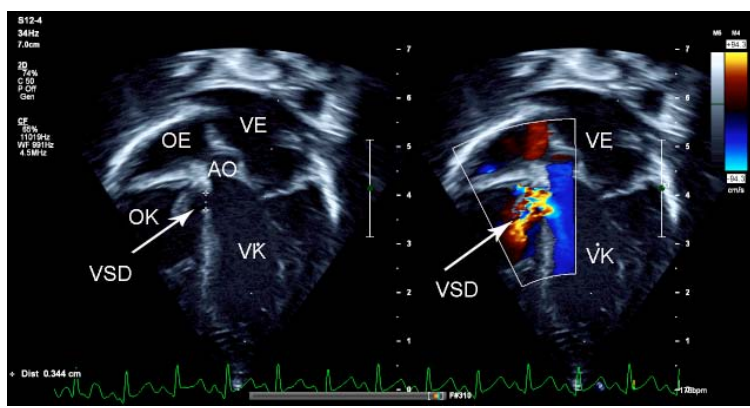


KUVA 3B.

### Perimembranoottinen kammioväliseinän aukko

Viisilokeronäkymässä visualisoituu pieni aukko kammioväliseinän yläosassa perimembranoottisella alueella lähellä aorttaläppää. Väridopplerilla nähdään pyörteinen virtaus aukon läpi vasemmasta kammioista oikeaan kammioon. Kammiot ovat keskenään tasakokoiset sopien siihen, että aukko on pieni eikä aiheuta kuormitusta.

OE = oikea eteinen, OK = oikea kammio, VE = vasen eteinen, VK = vasen kammio, VSD = kammioväliseinän aukko, AO = aortta.



näyttäytyy vasenta kookkaampana kaikissa standardi-ikkunoissa.

Secundum-tyyppisen ASD:n katetrisulkua suunniteltaessa määritetään eteisväliseinän pituus, aukkojen lukumäärä ja aukkoa reunustavan seinämäkudoksen riittävyys sulkulaitteen kiinnittämiseksi. Ennen katetrisulkua löydökset varmistetaan TEE:llä. Sitä käytetään myös toimenpiteen aikana ohjaamaan sulkulaitteen kiinnittämistä ja arvioimaan sulun onnistumista (3).

Valtimotiehyt (patent ductus arteriosus, PDA, ”duktus”), sikiökautinen yhteys aortan ja keuhkovaltimon välillä, sulkeutuu valtaosalla täysiaikaisista lapsista ensimmäisten vuorokausien aikana (10). Duktus on helpoimmin identifioitavissa korkeasta parasternaali-ikkunasta (liitekuva 2A), (video 18). Duktuksen kannan lisäksi 2D-kuvasta mitataan keuhkovaltimon päähaarojen läpimitta, aortan istmus-osan läpimitta ja aorttanpuoleinen ampulla (8). Väridopplerilla visualisoidaan virtauksen määrä, pyörteisyyttä ja suunta ja jatkuvan dopplerin avulla aortan ja keuhkovaltimon välinen paine-ero sekä virtauksen jatkuvuus systolis-diastolisessa sykissä (liitekuva 2B).

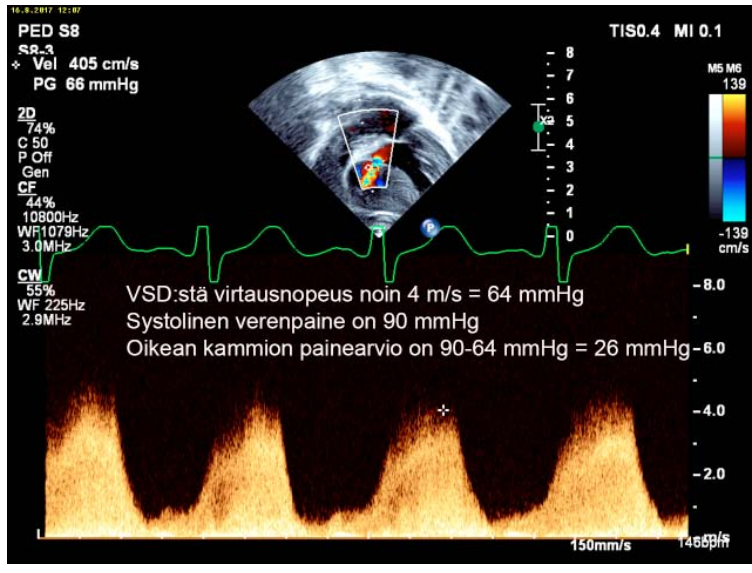
Aortta- ja keuhkovaltimoläppävikojen diagnostiikassa on oleellista mitata läppärenkaan koko, identifioida läppäpurjeiden määrä ja morfologia (dysplastisuus), mahdolliset läpän ala- ja yläpuoliset ahtaumat sekä valtasuonissa olevat kaventumat ja laajentumat. Lisäksi arvioidaan läpän alapuolisen kammion koko, mahdollinen hypertrofia ja funktio (11).

Aorttaläpän ahtauman vaikeusasteen arviointi onnistuu parhaiten sydämen kärjestä tai suprasternaali-ikkunasta ja joskus oikealta parasternaalisesti. Pulmonaalistenoosin arviointi onnistuu parhaiten vasemmalta parasternaalisesti tai subkostaalisesti. Doppler-mittauksella määritetään ahtaumakohdan nopein virtaus ja edelleen hetkellinen huippugradientti (pulmonaalistenoosi) tai keskigradieni (aorttastenoosi) (12). Mahdolliset läppävuodot ja ahtauman alaisen kammion toimintahäiriö on otettava huomioon läppäahtauman vaikeusastetta arvioitaessa.

Läppävuodon vaikeusasteen arviointi perustuu usein silmämääräiseen arvioon vuodon asteesta (lievä – kohtalainen – vaikea), mutta vuotoa voidaan arvioida myös mittaamalla sen leveyttä tai vuotoaukon pinta-alaa (4). Merkittävä

### Virtauksen maksiminopeus ja kammioiden paine-ero

Jatkuvalla dopplerilla voidaan mitata aukon kautta kulkevan virtauksen maksiminopeus ja sitä vastaava vasemman ja oikean kammion välinen paine-ero.



semilunaariläpän vuoto aiheuttaa läpän alapuolisen kammion laajenemisen, joka on yksi merkittävimmistä tekijöistä korjaavaa toimenpidettä harkittaessa.

Aortan koarktaatio (CoA) (liitekuva 2C), (video 19) on diagnostisesti yksi haasteellisimmista rakenteellisista sydänvivoista. Toisaalta se on yksi tärkeimmistä lapsen tai nuoren hypertension syistä. Vaikka vastasyntyneen aortankaari saadaan hyvin visualisoitua kaikukuvauksella, avoin valtimotiehyt estää usein näkyvyyden istmus-alueelle, missä CoA usein sijaitsee.

Isommilla lapsilla näkyvyys on monesti puutteellinen muista syistä. CoA voi olla lyhyt, pitkä, hyllymäinen tai kalvomainen, ja se sijaitsee yleensä kaaren loppuosassa heti vasemman solisvaltimon lähtökohdan jälkeen (13). Paikalliseen CoA:oon voi liittyä laajemminkin kaventunut, ns. hypoplastinen aortan kaari. CoA:n läpimitan lisäksi on siksi selvitettävä myös kaaren mitat ja aortan läpimita palleatasossa sekä identifioitava aortasta päähän ja yläraajoihin menevät suuret valtimot (14).

Aortan koarktaatioon liittyy tyypillinen, diastoleen jatkuva dopplervirtausprofiili (liite-

kuva 2D). Virtausnopeutta ahtaimmassa kohdassa ja siitä laskettua painegradienttia käytetään CoA:n vaikeusasteen arviointiin. Tärkeintä diagnostiikassa on kuitenkin ylä- ja alaraajan systolisten verenpainoiden ero: 20 mmHg ylitäessään se täyttää toimenpidekriteerit.

Monimutkaisista rakenteellisista sydänvivoista kaikututkimuksen avulla voidaan yleensä diagnosoida komplisoitumattomat Fallot'n tetralogia ja suurten suonten transpositio. Muissa monimutkaisissa sydänvivoissa diagnosoitiin ja etenkin seurantaan sekä jatkohoidon suunnitteluun tarvitaan usein tietokonekerroskuvausta (TT), magneettikuvausta (MRI), sydänkatetrointia tai näiden yhdistelmiä.

### Vastasyntyneen kriittiset sydänvivot

Suomessa syntyy vuosittain 50–60 lasta, joilla todetaan kriittinen rakenteellinen sydänvika (15). Vaikka sikiöaikainen diagnostiikka on parantunut huomattavasti, osalta sydänvikaisista lapsista vika jää yhä diagnosoimatta sikiöaikana.

Vastasyntyneellä on sydämen kaikututkimuksessa tärkeintä arvioida, onko systeemi- tai keuhkoverenkierto riippuvainen valtimotiehyestä. Jo epäily tiehyestä riippuvaisesta sydänviviasta on aihe aloittaa prostaglandiini-infuusio. Lastenkardiologin arvion jälkeen lapsi kuljetetaan tarvittaessa jatkohoitoon HUS Uuteen lastensairaalaan.

### Sydämen vajaatoiminta

Systoliselle vajaatoiminnalle on tyypillistä sydämen pumppaustoiminnan heikentyminen. Kyseessä voi olla yleistynyt tai paikallinen seinämäliikehäiriö, johon liittyy usein sekä eteisen että kammion koon kasvu ja eteis-kammioiläpän vuoto.

Systoliseen vajaatoimintaan liittyy usein myös diastolinen vajaatoiminta, joka toisaalta voi esiintyä myös ilman systolista vajaatoimintaa. Diastolisessa vajaatoiminnassa keskeisiä piirteitä ovat paksut seinämät, kookkaat eteiset ja koholla oleva kammion täyttöpaine.

Vasemman kammion systolisessa vajaatoiminnassa parasternaalisesta pitkäakselikuvasta mitattava kammion läpimitan suhteellinen lyhenemä tai tilavuuden suhteellinen pienenemä jäävät alle normaalin (FS < 28 %, EF < 54 %) (4). Apikaalisesta nelilokeronäkymästä M-kuvan avulla mitattava TAPSE on käyttökelpoinen

oikean kammion toiminnan mittari. Siitä on lapsille omat pinta-alan mukaiset viitearvot (5).

Diastolista vajaatoimintaa tutkittaessa hyödynnetään trikuspidaali- ja mitraaliläppien dopplervirtausprofiilia, jossa spontaania kammiotäyttöä kuvaavan E-aallon ja eteissupistuksen aikaansaaman A-aallon ja niiden suhteen (E/A) avulla saadaan karkea arvio kammion diastolisesta toiminnasta.

Normaalisti E-aalto on A-aaltoa kookkaampi ( $E > A$ ), kammion relaksaatiohäiriössä eteissupistuksen osuus korostuu ( $E < A$ ), ja restriktiivisessä häiriössä eteissupistus jää minimaaliseksi kammion jäykkyuden vuoksi ( $E \gg A$ ) (3). Vasemman kammion täyttövaiheen toimintahäiriöön viittaavat myös keuhkolaskimoiden poikkeava dopplervirtausprofiili, oikean kammion diastoliseen vajaatoimintaan alaonttolaskimon laajeneminen ja pienentynyt hengitysvaeriaatio (16).

Näiden funktiomittausten luotettavuutta heikentävät kammioiden epäsymmetrisyys ja paikalliset seinämäliikehäiriöt. Siksi kammiofunktion arviointiin on kehitetty mm. 3D-ultraäänitekniikkaan sekä pulsoivaan, jatkuvaan ja kudospoppleriin perustuvia menetelmiä, jotka ovat standarditekniikoita luotettavampia mm. monimutkaisten rakennevikojen ja sydänlihassairauksien kuvantamisessa (4,9,16–19).

Kokonaisvaltaista systolista funktiota kuvaa parhaiten globaali pitkittäinen kudomuovautuminen (global longitudinal strain, GLS). Se voi paljastaa sydänlihaksen toimintahäiriön jo silloin, kun ejektiofraktio on vielä normaali (20).

Lapsille on käytettävissä omat viitearvot (21). Nämä menetelmät eivät ole vielä vakiintuneet jokapäiväiseen kliiniseen käyttöön, mutta soveltuvat osavissa käsissä sekä tutkimustyöhön että yksittäisten potilaiden seurantaan.

## Lopuksi

Sydämen kaikututkimus lasten sydämen rakennevikojen diagnostiikassa ja seurannassa säilyttää roolinsa myös tulevaisuudessa. Sen ohella MRI, TT ja positroniemissiotietokonetomografia (PET) mm. sydänlihassetabolian ja -perfuusion kuvaajina tulevat saamaan enemmän jalansijaa kaikututkimusta täydentävinä ja tarkentavina tutkimuksina. Ne eivät korvaa kaikututkimuksia, ja siksi on tärkeää jatkuvasti kehittää uusiin menetelmiin liittyviä standardeja ja päivittää kuvantamisohjeita.

Kaikututkimuksen diagnostinen osuvuus riippuu kuvantamislaitteistosta ohjelmineen, mutta myös potilaan ominaisuuksista sekä erityisesti tutkijan kokemuksesta ja asiantunteuksesta. Koska markkinoille tulee teknisesti yhä parempia, pienempiä ja hinnaltaan edullisempia ultraäänilaitteita, niiden käyttö lisääntyy bedside-tutkimuksissa kaikkien lapsia hoitavien lääkärien työssä (22).

Lastenkardiologian osaajat ovat yhä avainasemassa uusien menetelmien käyttöönotossa ja asianmukaisen koulutuksen järjestämisessä. Merkittävien sydämen rakennevikojen, sydänlihassairauksien ja sydämen vajaatoiminnan diagnostiikka, hoito ja seuranta keskittyvät yliopistosairaaloiden lastenkardiologeille jatkossakin. ●

**ANITA AROLA**

M.D., Paediatrician, Paediatric  
Cardiologist  
Turku University Hospital, Section  
of Paediatric and Adolescent  
Medicine

**TUIJA POUTANEN**

# Echocardiographic diagnosis in children

Echocardiography has retained its role as the most important tool in the diagnosis and follow-up of paediatric congenital heart diseases. It is also most useful in diagnosing primary cardiomyopathies and cardiac tumours as well as a number of secondary cardiac anomalies. Furthermore, it is a simple way to follow up patients with heart transplants and those with haematological or other malignancies who have been treated with cardiotoxic agents and/or irradiation. Development of new techniques, such as three-dimensional echocardiography and tissue Doppler imaging, has broadened our knowledge on myocardial dysfunction in complex heart defects and can be helpful in studying the efficacy of new treatments and optimizing the timing of interventions, for example.

Ultrasound devices the size of a laptop computer or mobile phone will be increasingly available in the future, especially in intensive care units and emergency rooms. Focused cardiac ultrasound will be used by neonatologists, anaesthetists, and emergency medicine physicians taking care of children with various cardiac and haemodynamic problems. With advancing technologies, continuing development of guidelines and standards for the performance of quality echocardiographic examinations is needed. Paediatric cardiologists are going to have a crucial role in this work as well as in continuing education of other professionals.

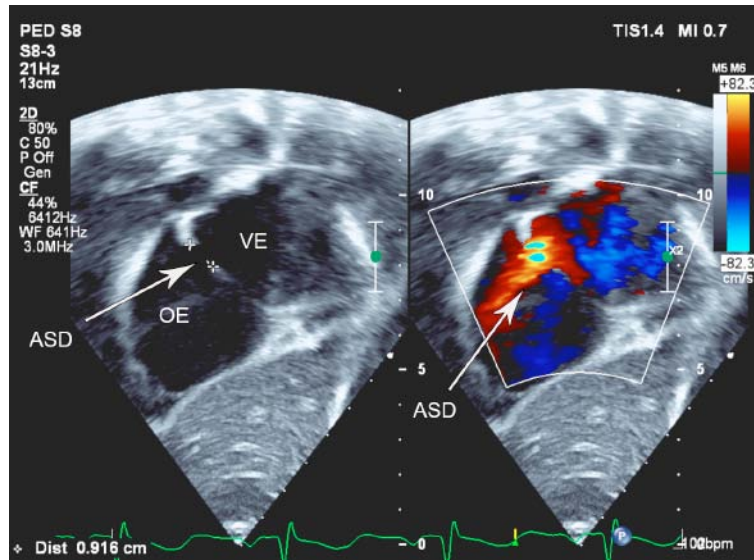


### LIITEKUVA 1A.

#### Eteisväliseinän aukko subkostaali-ikkunassa

Subkostaali-ikkunasta nähdään molemmat eteiset ja eteisväliseinän aukko väliseinän keskiosassa (secundum-alueella). Väridoppler-kuvassa oikealla nähdään virtaus (punainen) aukon läpi vasemmasta eteisestä oikeaan eteiseen.

ASD = eteisväliseinän aukko, OE = oikea eteinen, VE = vasen eteinen.

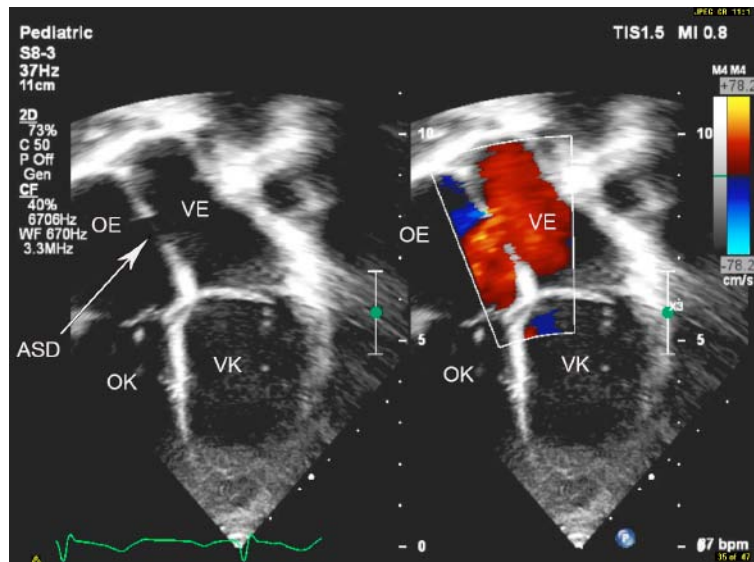


### LIITEKUVA 1B.

#### Eteisväliseinän aukko nelilokeronäkymässä

Nelilokeronäkymässä on teräväreunainen aukko eteisväliseinän keskiosassa ja väridoppler-kuvassa nähdään virtaus (punainen) vasemmasta eteisestä oikeaan eteiseen.

ASD = eteisväliseinän aukko, OE = oikea eteinen, OK = oikea kammio, VE = vasen eteinen, VK = vasen kammio.

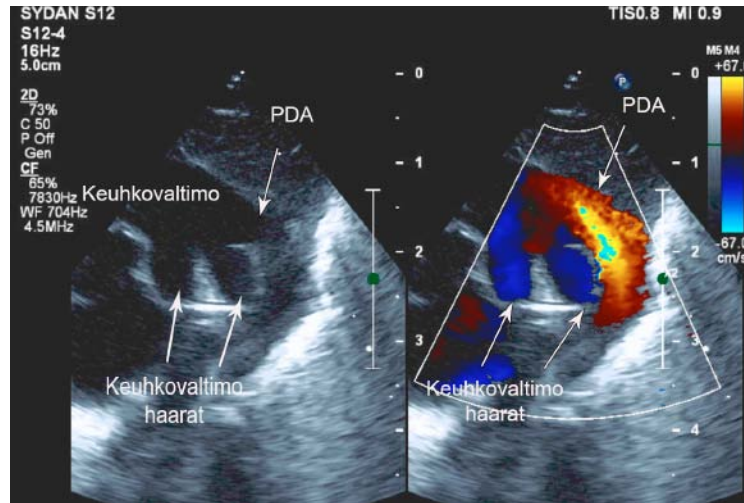


## LIITEKUVA 2A.

### Avoin valtimotiehyt (duktus)

Parasternaalisessa lyhytakselinäkyvässä nähdään keuhkovaltimopäähaarat ja niiden oikealla puolella avoin valtimotiehyt. Valtimotiehyt on kookas, pulmonaalihaarojen levyinen. Oikeanpuoleisessa kuvassa pulmonaalihaarojen virtaus näkyy sinisenä (poispäin anturista menevänä virtauksena), ja valtimotiehyeen virtaus näkyy punaisena (kohti anturia tulevana virtauksena).

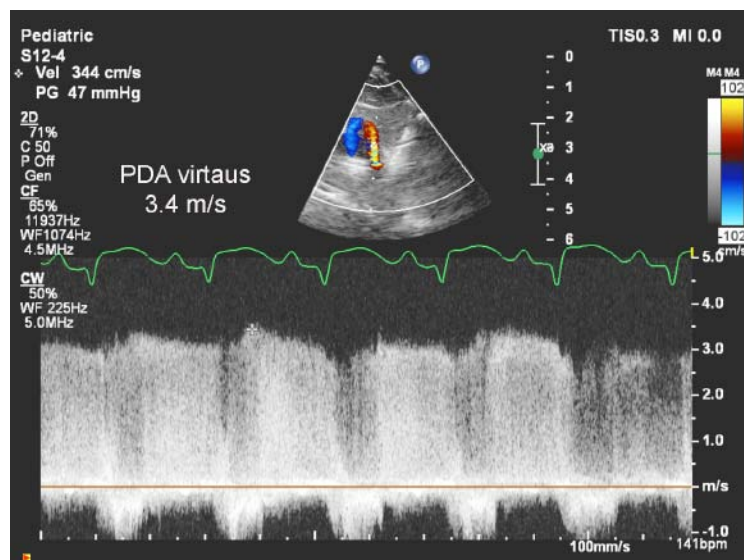
PDA = valtimotiehyt



## LIITEKUVA 2B.

### Duktuksen systolis-diastolinen virtaus jatkuvalla dopplerilla arvioituna

Virtauksesta voidaan arvioida aortan ja keuhkovaltimon välinen paine-ero.

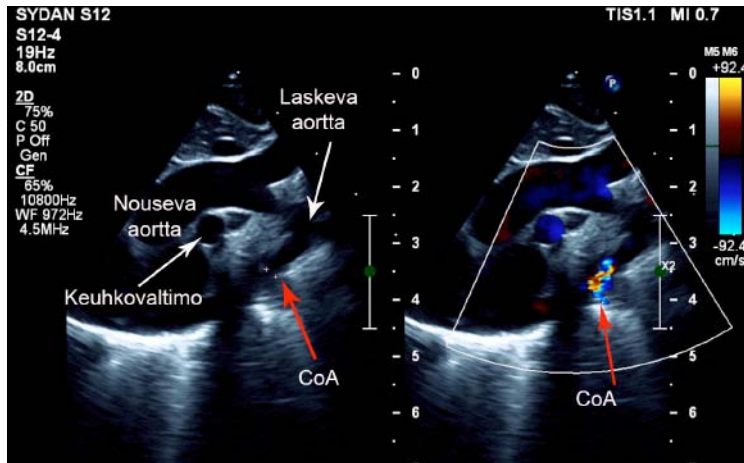


## LIITEKUVA 2C.

### Aortan koarktaatio

Suprasternaali-ikkunasta aortan kaari näkyy osittaisena. Laskevassa aortassa kaventumakohtaan (koarktaatio) tulee pyörteinen virtaus. 2D-kuvassa vastaavassa kohdassa näkyy kaventuma, jota on vaikea nähdä ilman moniväristä, pyörteistä virtausta. Koarktaatiokohta on merkitty punaisella nuolella.

CoA = aortan koarktaatio



## LIITEKUVA 2D.

Tyypillinen koarktaation aiheuttama, diastoleen jatkuva virtaus (nuoli)

