

<https://helda.helsinki.fi>

Synnynnäinen sydänvika - noninvasiivinen kuvantaminen seurannassa

Martelius, Laura

2022

Martelius , L , Kivistö , S , Holmström , M & Ojala , T 2022 , ' Synnynnäinen sydänvika - noninvasiivinen kuvantaminen seurannassa ' , Sydänääni : Suomen kardiologisen seuran lehti , Vuosikerta. 33 , Nro 1A , Sivut 153-158 . <

https://www.fincardio.fi/site/assets/files/5377/sydanaani_1a_22_teema_netti.pdf >

<http://hdl.handle.net/10138/346259>

publishedVersion

Downloaded from Helda, University of Helsinki institutional repository.

This is an electronic reprint of the original article.

This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.

Please cite the original version.

Synnynnäinen sydänvika – Noninvasiivinen kuvantaminen seurannassa

Laura Martelius, LT, lastenradiologi, HUS Diagnostiikkakeskus, Radiologia, Uusi lastensairaala

Sari Kivistö, LT, dosentti, sydän- ja thoraxradiologian ylilääkäri, HUS Diagnostiikkakeskus, Radiologia

Miia Holmström, LT, dosentti, radiologian erikoislääkäri, HUS Diagnostiikkakeskus, Radiologia, Meilahden sairaala

Tiina Ojala, LT, dosentti, lastenkardiologian erikoislääkäri, HYKS, Uusi lastensairaala

Tiivistelmä

Synnynnäisten sydänvikojen seurannassa eri ikäisillä on erityispiirteensä riippuen sydänvian laadusta ja käytetyistä korjausmenetelmistä. Magneettikuvaus ja tietokonetomografia (TT) ovat noninvasiivisia leikekuvausmenetelmiä, joista molemmat ovat tärkeitä synnynnäisten sydänvikojen seurannassa. Mageettitutkimuksen etuna on hyvä näkyvyys kaikkialle thoraxin alueella sekä säderasituksen puuttuminen. Se soveltuu erityisen hyvin synnynnäisten sydänvikojen seurantaan, ja se tulisi tehdä kaikille syanoottista sydänvikaa ja koarktaatiota sairastaville ainakin kerran aikuisiässä ja sen jälkeen tarvittaessa esimerkiksi uusintatoimenpidettä harkittaessa tai jos näkyvyys on huono. Nykyisillä tutkimustekniikoilla tietokonetomografian säderasitusta on saatu alennettua huomattavasti ja tutkimus on hyvin vaivaton ja nopea toteuttaa. TT täydentää tarvittaessa magneettikuvauksesta saatavaa informaatiota.

Johdanto

Valtaosa vaikeakin sydänvikaa sairastavista lapsista selviytyy nykyisin aikuisuuteen. Synnynnäisiin sydänvikoihin liittyy kuitenkin huomattavaa sairastavuutta. Ongelmien tunnistaminen ja oikea-aikainen hoito saattavat ehkäistä komplikaatioiden, kuten sydämen vajaatoiminnan tai rytmihäiriöiden, kehittymistä. Kaikenikäiset potilaat tarvitsevat siksi säännöllistä seurantaa, ja tässä kuvantamisella on keskeinen rooli. Ultraäänitutkimus on perinteisen thoraxkuvan lisäksi ensilinjan kuvantamismenetelmä kardiologiassa sekä aikuisilla että lapsilla. Ultraäänellä kaikkia rakenteita ei saada riittävästi näkyviin, ja kasvun myötä tähän liittyvät haasteet lisääntyvät. Tietokonetomografia (TT) ja magneettikuvaus ovat kajoamattomia leiketutkimuksia, joista molemmilla on keskeinen rooli synnynnäisten sydänvikojen kuvantamisseurannassa (1). Invasiiviseen sydämen katetrointiin edetään, jos tiedossa on noninvasiivisella kuvantamisella havaittu toimenpidetarve. Tässä artikkelissa keskitymme noninvasiivisista kuvausmenetelmistä tietokonetomografiaan ja magneettikuvaukseen.

Eri-ikäiset potilaat

Varhaisdiagnostiikassa vastasyntyneisyyskaudella valtaosa rakennepoikkeavuuksista saadaan selvitettyä pelkkää ultraään-

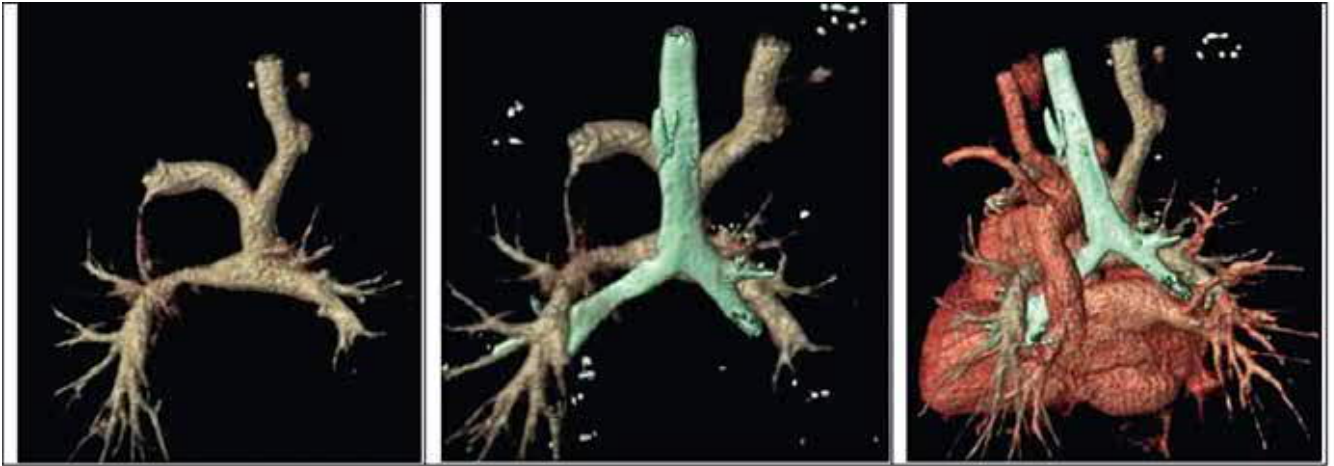
tä käyttäen. Monimutkaisemmissa rakennepoikkeavuuksissa ultraäänen lisänä käytetään tyypillisesti sydämen tahdistettua TT-angiografiaa. Vauvaiässä magneettikuvausta käytetään synnynnäisten sydänvikojen yhteydessä lähinnä vain silloin, kun selvitetään leikkausvaihtoehtoja yksi- ja kaksikammioratkaisun välillä. Kasvun myötä näkyvyudet ultraäänessä heikkenevät, jolloin leikekuvantamisen tarve kasvaa. Säteilyrasituksettomana tutkimuksena magneettikuvaus on isommilla lapsilla ensisijainen menetelmä synnynnäisten rakennevikojen jatko-seurannassa (2). TT-angiografiaa käytetään esimerkiksi leikkauskomplikaatioiden selvittelyyn ja sepelvaltimoiden rakennepoikkeavuuksien arviointiin (3). TT:n pääasiallinen haitta on siihen sisältyvä säteilyrasitus. TT:n selkeä etu on nopeus, joka vähentää anestesian tarvetta. Nykyaikaisilla sydänkuvantamiseen soveltuvilla TT-laitteilla lasten sydämen TT-angiografia onnistuu useimmiten ilman sedaatiota, kun taas magneettikuvaus onnistuu hereillä yleensä vasta yli 6-vuotiailla lapsilla. Aikuispotilaiden sydänvian seurannassa magneettikuvaus on yleensä suosituin vaihtoehto. Tutkimukset on pääsääntöisesti mahdollista tehdä ilman varjoainetta.

Sydämen magneettikuvaus

Magneettikuvausta voidaan pitää turvallisena tutkimusmenetelmänä, eikä siihen liity säteilyrasitusta. Yleisinä vasta-aiheina magneettikuvaukselle ovat klaustrofobia, kehon metalliesineet tai esimerkiksi hylätyt, murtuneet tai pitkät tahdistinjohdot (4). Magneettikuvauksessa voidaan tarvittaessa antaa suoneen tähän tarkoitukseen sopivaa gadolinium-tehosteainetta (Gd). Allergiset reaktiot ovat harvinaisia. Gd-tehosteaineen antamista tulee harkita tarkoin, jos potilaalla on vaikea munuaisten vajaatoiminta ja hänelle on tehty useita tehostettuja magneettikuvauksia, koska tehosteaineineen hidasku poistuminen ja kerääntyminen kudoksiin voi laukaista vakavan, mutta harvinaisen nefrogeenisen systeemisen fibroosin. Nykyään käytössä olevilla Gd-varjoaineilla nefrogeenisen systeemisen fibroosin riski katsotaan kuitenkin erittäin pieneksi ja esiintyvyys on laskenut (5).

Magneettikuvaus valitaan usein vaihtoehdoksi silloin, kun halutaan rakenteiden kuvantamisen lisäksi tietoa myös sydämen ja verenkierron toiminnasta tai sydänlihaksen koostumuksesta (4). Magneettikuvauksen paikkaresoluutio on TT-kuvausta huonompi mutta usein kuitenkin riittävä hyvä. Synnynnäisten sydänvikojen arvioinnissa magneettikuvaustekniikoista keskei-





KUVA 1. Lapsipotilas, jolla yksikkammioinen sydänvika, GLENN-vaihe. 3D-kuvissa näkyy vasemman keuhkovaltimohaaran ahtauma, sen suhde ilmateihin sekä laskevan aortan aiheuttama painuma keuhkovalimoon ja ilmateihin. 3D-visualisointia käytetään avuksi leikkaussuunnittelussa.

siä ovat kine- eli liikekuvasarjat, virtausmittaukset sekä anatomiset 3D-sarjat (2).

EKG-tahdistetut kinekuvasarjat tuovat näkyviin sydämen liikkeen ja lisäksi suuntaa antavasti läppävuodot sekä rakenteellisiin ahtaumiin liittyvät virtauskihtymät. Kinesarjoista mitataan sydämen lokeroiden tilavuuksia, määritetään ejektiofunktio ja mitataan sydänlihaksen massa. Lisäksi niistä voidaan arvioida sydämen liikehäiriötä, joko silmämääräisesti tai sydämen muovautuvuutta arvioivan strain-analyysin avulla. Sydämen lokeroiden tilavuuksien, sydämen funktion ja sydämen kuormittumisen merkkien perusteella tehdään arvioita sydäntien hemodynaamisesta merkityksestä. Faasikontrastiangiografiatekniikkaan perustuvien virtausmittausten avulla kaikista keskeisistä verisuonista voidaan mitata mittaustasoon nähden eteenpäin ja taaksepäin suuntautuva virtaus- ja huippuvirtausnopeus sekä päätellä näistä iskuutilavuus ja vuoto-osuus. 3D-kuvaustekniikoilla voidaan yksittäisten leikkeiden sijaan tuottaa kuvausvolyymi, josta voidaan rekonstruoida anatomisia, eri leikesuuntien kuvia TT-kuvadatan tapaan. Sydänlihassairauksien arvioinnissa rutiininomaisesti käytettäviä kuvasarjoja (jälkitechostumakuvaus, T1- ja T2-relaksaatioaikojen kartoitus) käytetään synnynnäisten sydänvikojen yhteydessä vain tarvittaessa lähinnä sydänlihassfibroosin etsimiseen (2,3).

Tietokonetomografia

TT:lla saadaan täsmällistä rakenteellista tietoa synnynnäisistä sydänvikoista ja niiden komplikaatioista. Sydämen rakennevikojen kuvantaminen TT:lla on hyödyllistä erityisesti silloin, kun halutaan tietoa anatomista ja visualisointia rakenteiden yhteydestä toisiinsa (kuva 1). TT:ssa käytetään röntgensäteilyä. Viimeaikaisen laitekehityksen myötä sydämen TT:n säteilyannokset ovat laskeneet merkittävästi ja ovat samansuuruisia tai tutkimusprotokollasta riippuen pienempiä kuin muissa rintakehän alueen TT-kuvauksissa. TT-angiografia edellyttää jodivarjoaineen käyttöä, ja sitä ruiskutetaan nopeasti koneruiskulla mieluiten kyynärtaiteen laskimoon. Kuvaus ajoitetaan hetkeen, jolloin sydämessä ja suurissa suonissa on vahva varjoainekonsentraatio. Lisäksi käytetään EKG-tahdistusta. Lapsen sydämen TT-angiografia edellyttää yksilöllistä suunnittelua, joka huomioi kysymyk-

senasettelun, lapsen koon ja kanyylin sijainnin sekä hemodynaamisen tilanteen. Aikuisten kuvauksissa kuvausaiheena on usein sepelvaltimoanatomian, kalkkeutuneiden pulmonaalihomografiiden, sunttien, kollateraalien ja AV-malformaatioiden visualisointi. Sivutuotteina saadaan tällöin koko thoraxin alueen kuvantaminen. Jos tahdistinjärjestelmä ei sovellu magneettikuvaukseen, sydämen funktiota ja myös keinoläppinen toimintaa voi tarkastella funktionaalisella TT-tutkimuksella (6).

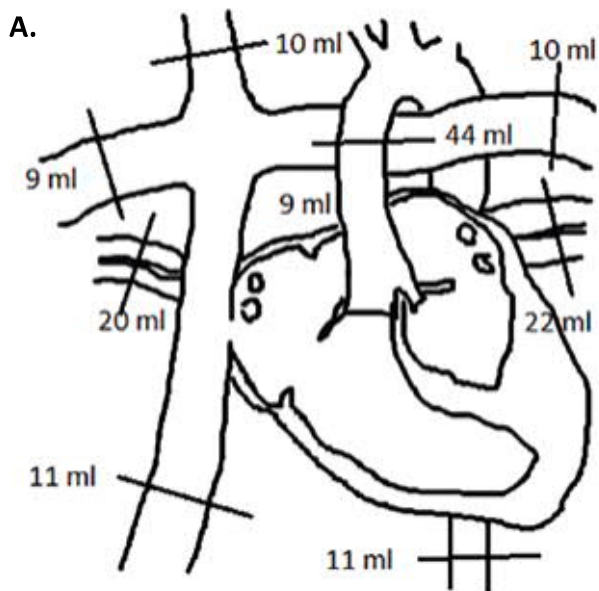
ACHD-luokitus ja seuranta

Myöhäiskomplikaatioiden esiintyvyys vaihtelee paljon eri rakennevikojen välillä. ESC:n uusi suositus (2020 ESC Guidelines for the management of adult congenital heart disease) jaottelee synnynnäiset sydänvikat kolmeen luokkaan (lievä, keskivaikea, vaikea), joiden perusteella määräytyy mm. seurantapaikka (yliopistosairaala/keskussairaala) ja seurannan tiheys (3). ESC:n suosituksen mukaan edistyneempi synnynnäisten sydänvikojen kuvantaminen (TT ja magneettikuvaus) tulisi keskittää niiden hoitoon erikoistuneisiin keskuksiin. Sydämen ultraäänitutkimus toimii näillä potilailla rutiinitutkimuksena jokaisen tutkimuskäynnin yhteydessä. Sydämen magneettikuvaus ja tarvittaessa TT-kuvatukset tulee toistaa säännöllisin väliajoin, joiden pituus riippuu potilaan tautitilasta ja löydöksistä. Sydämen magneettikuvaus voidaan suorittaa toistetusti, koska tutkimukseen ei sisälly sädekeräilyä. Se on useimmiten suositeltavin seurantametsodi, kun pelkkä ultraääni ei riitä.

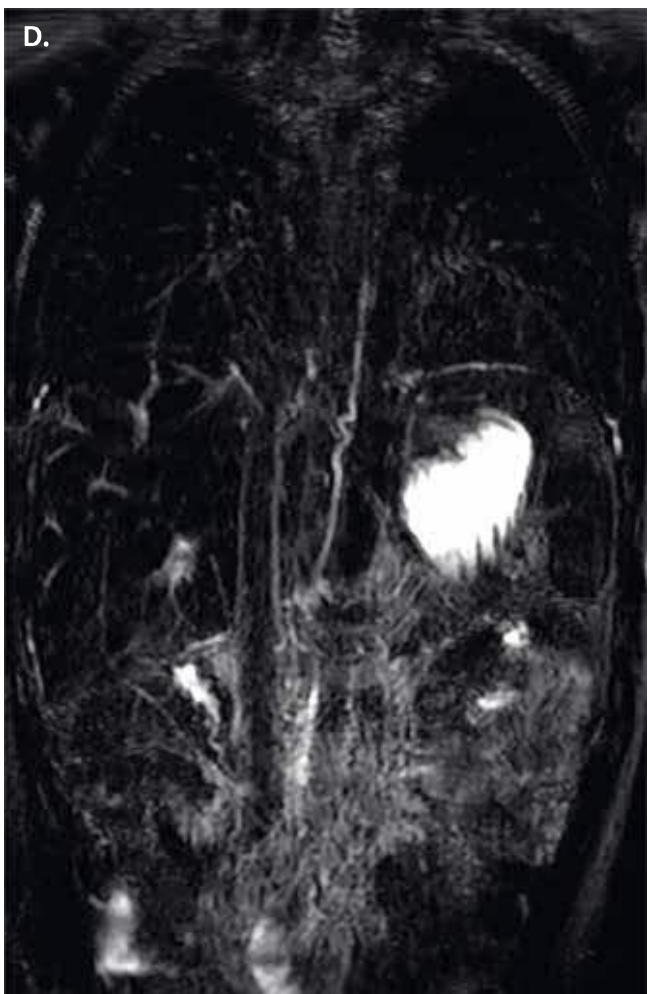
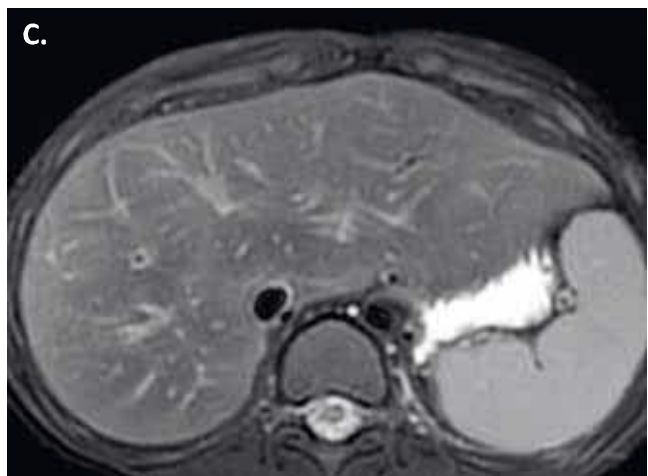
Falot'n tetralogia

Falot'n tetralogia on keskivaikea synnynnäinen sydänvika, jonka kirurginen korjaus tehdään yleensä ensimmäisen elinvuoden aikana. Usein korjauksessa joudutaan käyttämään transannulaarista paikkaa, jolloin lähes kaikille potilaille kehittyy merkittävä keuhkovaltimolapän vuoto. Läppävuoto johtaa progressiiviseen oikean kammion laajenemiseen, joka on tyypillisesti vähäoireinen.

Laajeneminen altistaa rytmihäiriöille, eikä pitkälle edennyt dilataatio enää palaudu korjausleikkauksen jälkeen. Tämä johtuu mitä ilmeisimmin siitä, että kammiolaajenema on johdantunut oikean kammion sydänlihaksen diffuusiin fibrotisoitumi-



| | |
|---|-------|
| Antegradinen virtaus keuhkoihin (RPA+LPA) | 19 ml |
| Keuhkolaskimopaluu (RPV+LPV) | 42 ml |
| Kollateraaliveirtaus keuhkoihin (RPV+LPV) – (RPA+LPA) | 23 ml |
| Kollateraaliveirtaus, % | 48 % |
| Fenestraattivirtaus (TCPC tunnelin alaosa – TCPC tunnelin yläosa) | 2 ml |



KUVA 2. Lapsipotilas, jolla yksikammioinen sydänvika (HLHS), Fontanin verenkierto. Kollateraaliveirtauksen osuus on hyvin korkea, mikä viittaa koholla olevaan keuhkovastukseen (A). Dynaamisessa angiografiassa näkyy hentoja aorttopulmonaalisia kollateraalisuonia (B). Maksassa viitteitä fibroosista, vasen lohko on suhteessa suuri ja parenkyymissä on heterogeenisyyttä (C). Mesenteriumissa on imutieperäiseksi sopivaa signaalilisää, ductus thoracicus on säännöllinen (D).

seen. Magneetikuvauksella voidaan tarkastella sydänlihaksen diffuusia fibrotisoitumista mittaamalla sydänlihaksen T1-inversioaikoja 16 segmentin mallilla. Menetelmä on kliinisessä rutiinikäytössä vasemman kammion diffuusin fibroosin selvittelys-

sä, mutta oikean kammion seinämäpaksuus aiheuttaa haastetta mittausten toistettavuuden kannalta, mikä rajoittaa menetelmän kliinistä käyttöä oikean kammion arvioinnissa. Lisäksi tässä potilasryhmässä voidaan nähdä paikallisia sydänlihassarpia eli pai-



kallisia jälkitechostumia. Oikean kammion arpimuutosten havainnointi magneettikuvauksella on kuitenkin haastavaa. Sen sijaan septumin ja vasemman puolen arpimuutosten näkeminen on helpompaa. Tässä potilasryhmässä rytmihäiriöriskin ajatellaan liittyvän merkittävämmiin arpialueisiin, jotka sijaitsevat RVOT-ulosvirtausalueen ulkopuolella. Rytmihäiriöriskiin vaikuttavat kuitenkin sekä paikalliset arpialueet että diffuusin sydänlihaskuitin kehittyminen. Sen vuoksi fibroosimuutosten ajoittaisen seuraamisen pitäisi kuulua tämän potilasryhmän seurantaan (7).

Muita komplikaatioita ovat mm. oikean kammion ulosvirtauskanavan residuaalinen ahtauma ja aortan dilataatio. Viimeistään teini-ikässä ultraääniseurannan lisänä tarvitaan magneettikuvausta kaikilla potilailla (3). Magneettikuvauksella voidaan määrittää täsmällisesti oikean ja vasemman kammion tilavuudet ja funktio, keuhkovaltimoläpän vuoto-osuus ja ahtaumat sekä keuhkovaltimohaarojen perfuusiosuhde. Lisäksi saadaan näkyviin oikean kammion seinämän mahdolliset liikehäiriöt sekä keuhkovaltimoiden ja aortan dimensiot. Magneettikuvauksella määritetyt oikean kammion tilavuudet ja funktio ovat yhtenä kriteerinä keuhkovaltimoläpän korjausleikkauksen ajoittamisessa (3). Korjausleikkauksessa käytetään homograftia, joka voi seurannassa kalkkeutua ja ahtautua. Homograftiahtaumalle on tarjolla endovaskulaarinen hoito, jota ennen tulee varmistaa koronaarien kulku suhteessa homograftiin sekä oikean kammion ulosvirtauskanavan muoto. Magneettikuvaus on usein tähän tarkoitukseen riittävä tutkimus, mutta täsmällisimmin rakenteet saadaan kuvattua TT:lla.

Suurten suonten transpositio

Suurten suonten transpositio (TGA) hoidetaan nykyisin *arterial switch* -leikkauksella (ASO) ensimmäisten elinvuokkojen kuluessa. Rastellin tekniikkaa käytetään, jos TGA-potilailla on VSD ja pulmonaalistenoosi. Aikuisikäisiltä potilailta tämä sydänvika on aikoinaan korjattu eteistunnelointileikkauksella (Mustard tai Senning).

ASO-leikkauksen jälkeen tavallisimpia komplikaatioita ovat keuhkovaltimohaarojen stenoosit, neo-aortan dilataatio sekä istutettujen koronaarien tyvistenoosit ja siitä seuraava sydänlihaksen vaurio. ASO-leikkauksella hoidettujen potilaiden sydänvika luokitellaan keskivaikeaksi. Seurannassa käytetään ultraäänien lisänä magneettikuvausta, koska ultraäänellä ei isommilla lapsilla ja aikuisilla yleensä saada riittävää näkyvyyttä keuhkovaltimoihin. Lisäksi magneettikuvauksella voidaan mitata kammioiden tilavuudet ja funktio, semilunaariläppien vuoto-osuudet ja keuhkovaltimohaarojen perfuusiosuhde. TGA-potilaan magneettikuvaukseen kannattaa ajoittain sisällyttää jälkitechostumakuvaus, jonka avulla voidaan havaita koronaaristenoosien aiheuttamia infarktiarpiä. Sepelvaltimot kuvannetaan postoperatiivisesti sepelvaltimoiden TT-kuvauksella, jos on herännyt epäily sepelvaltimoiden tyven ahtaumasta. Postoperatiivisesti sepelvaltimoiden tyven ahtauma tulee pitää mielessä erityisesti, jos sepelvaltimoiden istutus on ollut teknisesti haastavaa, potilaalla on ollut sepelvaltimoiden anatominen poikkeavuus tai esiintynyt postoperatiivisia rytmihäiriöitä, kammiofunktion heikkenemistä tai mitraalivuotoa.

Rastellin operaation jälkeen magneettikuvauksessa voidaan seurata pulmonaalihomograftin toimintaa, vasemman kammion ulosvirtauskanavan ahtautumista, aorttavuotoa, VSD-paikan suntteja ja kammioiden funktioita. TT-tutkimusta voi hyödyntää myös interventioiden suunnittelussa.

Eteistunnelointileikkauksella korjatuille potilaille ongelmaksi voi muodostua mm. systeemikammiona toimivan oikean kammion dysfunktio, systeemi- ja venatunneleiden ahtaumat (yläontolaskimon venapuolen ylätunnelin ahtaumat ovat yleisempiä), tunnelialueiden suntit, systeemi-AV-läpän vuoto sekä rytmihäiriöitä provosoiva kammiolihaksen fibrotisoituminen. Magneettikuvaus toimii hyvin näiden potilaiden seurannassa. Pulmonaali- ja systeemikierron suhde (Qp:Qs) on laskettavissa pulmonaali- ja aorttavirtauksen suhteesta, ja sen avulla voidaan arvioida residuaali-VSD:n ja tunnelialueen suntin hemodynaamista vaikeusastetta. Sunttien luonnehdinnassa auttaa varjoainetehosteinen TT, jossa varjoainevaihe ajoitetaan systeemipuolelle. Eteistunnelointileikkauksella hoidettujen potilaiden sydänvika luokitellaan vaikeaksi (3).

Yksikammioisen sydänvian

hemodynaaminen magneettikuvaus

ESC:n suositusten mukaan kaikille aikuisikäisille potilaille, joilla on yksikammioinen sydänvika, tulisi ainakin kertaalleen tehdä magneettikuvaus. Tutkimukseen suositellaan sisällytettävän myös maksan tilanteen arviointi (10). Löydösten perusteella arvioidaan seurantamagneettikuvantamisen tiheys. Yksikammioisen sydänvian hemodynaamiseen magneettikuvaukseen sisältyy arvio anatomiasta, sydämen toiminnasta, keuhkoperfuusiosta sekä kollateraaliverenkierron osuudesta. Muut hemodynaamiset riskitekijät, kuten systeemikammion laajentuma, ovat tunnettu hemodynaaminen riskitekijä tässä potilasryhmässä. Esimerkiksi kammiovolyymi ($> 125\text{--}156 \text{ ml/m}^2$) ennustaa proteiinihukkaa aiheuttavan suolistosairauden (PLE) kehittymistä ja sydämensiirtotarpeen/kuoleman riskiä. Erityisen korkean riskin ennustetekijä on merkittävä kammioalaajentuma ($> 156 \text{ ml/m}^2$), kun siihen liittyy funktion huononeminen strain-analyyseissä (GLS $\geq -6.6\%$) (8,9). Hemodynaamisen magneettikuvauksen kokonaisarvion avulla voidaan selvittää kammiovolyymien muutosten syitä ja erotusdiagnostiikkaa. Kollateraalivirtauksen osuus arvioidaan laajoilla virtausmittauksilla (kuva 1) (11). Kollateraalivirtaus assosioituu keuhkoverenkierron määrään ja vastukseen.

Potilailla, joilla on yksikammioinen sydänvika, kiinnitetään lisääntyvästi huomiota myös pääte-elinvaurioihin, joista tärkeimpinä maksaan ja munuaisiin. Yksikammioipotilaan hemodynaamisiin magneettikuvauksiin onkin osassa tutkimuskeskuksista liitetty mukaan arvio maksan fibroosiasasteesta. Tähän on kehitetty viime vuosina myös uusia kuvantamisbiomarkkereita. Lisäksi imutiepöikökeavuudet kaulalla, rintaontelossa tai vatsan alueella ovat osoittautuneet ennustetekijöiksi plastisen bronkiitin ja PLE:n kehittymiselle, minkä vuoksi myös niiden seulontatutkimus kuuluu monissa yksiköissä hemodynaamisen magneettitutkimuksen protokollaan (1). Näin ollen hemodynaamisella magneettikuvauksella saadaan yksikammioipotilaiden tilasta varsin laajamittainen kokonaiskuva (3).

TAULUKKO. Magneettikuvauksen ja tietokonetomografian ominaisuudet eri synnynäisten sydänvikojen seurannassa.

| | Magneettikuvaus | Tietokonetomografia |
|-----------------------|--|---|
| Korjattu TOF | <ul style="list-style-type: none"> • RV- + LV-tilavuus, strain, EF • RVOT-aneuryisma • PA:n ja päähaarojen anatomia ja dimensiot • Pulmonaali- ja aorttavuotofraktio • Qp:Qs • Th-aortan dimensiot | <ul style="list-style-type: none"> • Pulmonaaliarteriahaarojen tarkka anatomia segmenttitasolle asti • Aortan dimensiot ja aorttopulmonaaliset kollateraalit • Koronaarianatomia • Pulmonaalihomografin kalkkeutummat ja homografin suhde koronaareihin |
| TGA eteiskorjattu | <ul style="list-style-type: none"> • RV:n ja LV:n tilavuus, strain, EF • Tunneliahtaumat ja suntit • AV-läppien vuodot • LVOT:n obstruktio | <ul style="list-style-type: none"> • Tunneli- tai intrakardiaaliset suntit • Koronaarianatomia • LVOT:n obstruktio |
| TGA ASO | <ul style="list-style-type: none"> • Pulmonaaliarterian ja pulmonaalihaarojen stenoosit • Pulmonaalivirtausmittaus ja keuhkojen perfuusiosuhde • Neo-aortan dimensiot ja aorttavuodon määrittäminen • Sydänlihaksen arpialueet | <ul style="list-style-type: none"> • Pulmonaaliarterian ja haarojen stenoosit • Intrakardiaaliset suntit • Neo-aortan dilataatio • Koronaarianatomia ja tyvistenoosit |
| TGA Rastelli | <ul style="list-style-type: none"> • Homografin toiminta • Pulmonaalivirtausmittaus ja keuhkojen perfuusiosuhde • RV:n koko, funktio • Trikuspidaaliläpän vuodon arvio | <ul style="list-style-type: none"> • Pulmonaalihomografin kalkkeutuminen • Koronaarianatomia |
| Yksi-kammioinen sydän | <ul style="list-style-type: none"> • Kammiotilavuus ja funktio, Fontan-tunneli • Systeemi-AV-läpän • Pulmonaalihaarojen dimensiot ja keuhkojen perfuusiosuhde • LVOT:n obstruktio • Aortan vuotofraktio • Kollateraalikierto • Imutiepoikkeavuudet • Maksafibroosi | <ul style="list-style-type: none"> • Pulmonaalihaarojen läpimitat • Pulmonaalivenakompressiot • LVOT:n obstruktio • Aorto-pulmonaaliset kollateraalit • Systeemi-pulmonaaliset kollateraalit |

Uusia tekniikoita

4D-virtausmittaus

Magneettikuvaustekniikoista 4D-virtausmittaus soveltuu perinteisen 2D-virtausmittauksen ohella erityisesti vuotovikojen seurantaan mutta myös oikovirtauksien ja kollateraalikierron selvittämiseen synnynäisissä sydänvivoissa. Sen hyötynä on mahdollisuus analysoida turbulenteja ja erisuuntaisia virtauksia samasta kuvadatasta eri tasoilta. Sen avulla voidaan arvioida myös virtauksen aiheuttamaa seinämäkuormitusta (12). Tällä hetkellä kuvasarjan kesto on melko pitkä (n. 20 min), eikä se näin ollen sovellu kaikkien potilasryhmien rutiininomaisiin tutkimusprotokollisiin.

Tahdistinpotilaiden magneettikuvaus

Tahdistinkuvauksia voidaan tehdä nykyisin tiettyä tahdistinprotokollaa noudattaen melko rutiininomaisesti 1.5T-kenttävoimakkuuksissa. Tällöin tahdistin säädetään tutkimusta ennen ja sen jälkeen ensin kuvausmoodiin ja sitten takaisin. Myös potilaita, joilla on epikardiaalisia johtoja, on viime aikoina kuvattu ongelmitta. Käytännössä ongelmia voivat aiheuttaa tulppaamatomat tai murtuneet sydämen sisäiset johdot (13,14).

3D-tulostaminen

TT-tutkimuksen kuvadatasta voidaan myös valmistaa 3D-tulosteet. 3D-tulostamisen avulla voidaan havainnollistaa kompleksia anatomioita ja tehdä preoperatiivista suunnittelua. Malleja voi myös hyödyntää koulutuksessa. ■

Laura Martelius

LT, lastenradiologi, HUS Diagnostiikkakeskus, Radiologia
Uusi lastensairaala

Sari Kivistö

LT, dosentti, sydän- ja thoraxradiologian ylilääkäri
HUS Diagnostiikkakeskus, Radiologia

Miia Holmström

LT, dosentti, radiologian erikoislääkäri
HUS Diagnostiikkakeskus, Radiologia, Meilahden sairaala

Tiina Ojala

LT, dosentti, lastenkardiologian erikoislääkäri
HYKS, Uusi lastensairaala



Viitteet

1. Ojala T, Martelius, L. Lasten sydänvikojen kuvantaminen - magneettikuvauksen ja tietokone- tomografian merkitys suurenee. *Duodecim*. 2020;136(6):685-94.
2. Fratz S, Chung T, Greil GF ym. Guidelines and protocols for cardiovascular magnetic resonance in children and adults with congenital heart disease: SCMR expert consensus group on congenital heart disease. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2013 Jun 13;15(1):51.
3. Baumgartner H, De Backer J. The ESC Clinical Practice Guidelines for the Management of Adult Congenital Heart Disease 2020. *Eur Heart J*. 2020 Nov 14;41(43):4153-4154.
4. Leiner T, Bogaert J, Friedrich MG, ym. SCMR Position Paper (2020) on clinical indications for cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2020 Nov 9;22(1):76.
5. Mathur M, Jones JR, Weinreb JC. Gadolinium Deposition and Nephrogenic Systemic Fibrosis: A Radiologist's Primer. *Radiographics*. Jan-Feb 2020;40(1):153-162.
6. Budts W, Miller O, Babu-Narayan SV, ym. Imaging the adult with simple shunt lesions: position paper from the EACVI and the ESC WG on ACHD. Endorsed by AEPC (Association for European Paedia Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2021 May 10;22(6):e58-e70. *tronic and Congenital Cardiology*).
7. Cochet H, Iriart X, Allain-Nicolai A, ym. Focal scar and diffuse myocardial fibrosis are independent imaging markers in repaired tetralogy of Fallot. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2019 Sep 1;20(9):990-1003.
8. Rathod RH, Prakash A, Kim YY, ym. Cardiac Magnetic Resonance Parameters Predict Transplantation-Free Survival in Patients With Fontan Circulation. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2014 May;7(3):502-9.
9. Meyer SL, St. Clair N, Powell AJ, ym. Integrated Clinical and Magnetic Resonance Imaging Assessments Late After Fontan Operation. *J Am Coll Cardiol*. 2021 May 25;77(20):2480-2489.
10. Daniels CJ, Bradley EA, Landzberg MJ ym, Fontan-Associated Liver Disease: Proceedings from the American College of Cardiology Stakeholders Meeting, October 1 to 2, 2015, Washington DC *J Am Coll Cardiol*. 2017 Dec, 70 (25) 3173-3194).
11. Ojala, T, Martelius, L. Oikovirtausvikojen magneettitutkimus. *Sydänääni*. 2021(32:1):59-64.
12. Dyverfeldt P, Bissell M, Barker AJ, ym. 4D flow cardiovascular magnetic resonance consensus statement. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2015 Aug 10;17(1):72.
13. Vuorinen A-M, Pakarinen S, Jaakkola I, ym. Clinical experience of magnetic resonance imaging in patients with cardiac pacing devices: unrestricted patient population. *Acta Radiol*. 2019 Nov;60(11):1414-1421.
14. Vuorinen A-M, Paakkanen R, Karvonen J, ym. Magnetic resonance imaging safety in patients with abandoned or functioning epicardial pacing leads. *Eur Radiol*. 2022 Jan 6. Online ahead of print.

Sidonnaisuudet:

- Laura Martelius: ei sidonnaisuuksia.
- Sari Kivistö: ei sidonnaisuuksia.
- Miia Holmström: ei sidonnaisuuksia.
- Tiina Ojala: ei sidonnaisuuksia.