

# Kun kaikukuvaus ei riitä – sydämen magneettikuvaus vai tietokonetomografia?

Kaikukuvaus on ensisijainen menetelmä sydämen rakenteen kuvantamiseen. Sydän- ja verenkiertoelimestön leikekuvantaminen on nopeasti täydentämässä kaikukuvausta ja korvaamassa kajoavia tutkimusmenetelmiä monissa kysymyksenasetteluissa. Magneettikuvaus (MK) on tärkeä synnynäisten sydänvikojen seurannassa ja vaikeiden tulehduksellisten sydänlihassairauksien diagnostiikassa. Lämpävioissa MK on hyödyksi ongelmatilanteissa ja erityisesti vuotopainotteisissa läppävioissa, kammioiden tilavuuden ja supistuvuuden arvioissa sekä kun näkyvyys on kaikukuvauksessa rajoittunut. Myös tahdistintopotilaita voidaan nykyään kuvata MK:lla tietyin rajoituksin, mikäli muu kuvantaminen ei riitä. MK:hon verrattuna EKG-tahdistetun tietokonetomografian (TT) paikanerotuskyky on parempi mutta ajanerotuskyky huonompi. TT soveltuu hyvin leikkausta edeltäväksi tutkimukseksi nuorille aortta- tai läppäleikkauspotilaille, jolloin samassa tutkimuksessa saadaan kuvatuksi sepelvaltimot, nouseva aortta ja aorttaläpän rakenne.

**Sydämen** kuvantaminen on etenkin pienten rakenteiden osalta muita elinryhmiä haastavampaa sydämen jatkuvan pumppausliikkeen vuoksi. Magneettikuvauksesta (MK) on tullut yksi keskeisimmistä kuvantamismenetelmistä esimerkiksi synnynäisten sydänvikojen ja sydänlihassairauksien selvittelyssä. Nopeinta on ollut EKG-tahdistetun sydämen TT:n kehitys. Siitä on noin kymmenen vuoden kuluessa tullut hyvin käyttökelpoinen menetelmä paitsi sepelvaltimoiden, myös sydämen rakenteiden tutkimisessa.

Sydämen kuvaaminen TT:llä edellyttää kuvauksen ajoittamista tiettyihin sydämen toi-

mintakierron vaiheisiin EKG-tahdistuksen avulla liikkeen aiheuttamien häiriöiden minimoimiseksi. Normaalikokoisen ihmisen sydämen rakenne ja sepelvaltimot voidaan uusimmilla TT-laitteilla kuvata alle 0,5 mSv:n sädeannoksella (0,14 x vuotuinen taustasäteily) ja joitakin vuosia vanhoilla laitteilla 2,5 mSv:llä (0,68 x vuotuinen taustasäteily). Sädeannos suurenee 2–3-kertaiseksi, jos halutaan tieto koko sydämen syklistä esimerkiksi kammioiden tai läppien toiminnan arvioimiseksi. TT:tä sovelletaan jo sydämen rakenteen kuvaukseen eri kysymyksenasetteluissa, vaikka varsinaista vertailevaa tutkimusta menetelmistä saadaankin vasta tulevaisuudessa.

MK:n rajoituksia ovat sen huono saatavuus ja etenkin pienissä yksiköissä ongelmat kuvan laadussa ja kokemuksen puute kuvien tulkinassa. Kuvat otetaan vain tietyissä leiketasoissa eikä puutteelliseksi jäänyttä kuvausta pystytä paikkaamaan jälkikäsitellyllä, mikä korostaa tutkimuksen huolellista etukäteissuunnittelua. TT-kuvaus on teknisesti helpompaa ja nopeampaa. TT-kuvauksessa leikkeet ovat ohuita (alle 1 mm) ja kuva-alkion sivut ovat yhtä suuret. Tämä mahdollistaa peruskuvasarjan kuvien jälkikäsitteilyn työasemalla eri suunnissa paikanerotuskyvyn kärsimättä, jolloin kuvausalueella olevia rakenteita voidaan tutkia jälkikäteen. Sydämen tutkimiseen soveltuvia TT-laitteita on keskussairaaloissa saatavilla laajemmin kuin sydänkuvantamiseen soveltuvia MK-laitteita ja osaamista. TT:llä voidaankin vastata moniin kliinisiin kysymyksiin, jotka aiemmin edellyttivät MK:ta. Sydämen ja nousevan aortan tutkimukset TT:llä kannattaa käytännössä aina tehdä EKG-tahdistettuna, vaikka sepelvaltimot eivät olisikaan kuvauksen aiheena. **TAULUKOON** on kerätty muutamia keskeisiä kuvausmenetelmän valintaan liittyviä asioita.

**TAULUKKO.** Keskeisiä kuvausmenetelmän valintaan liittyviä asioita.

| Kysymyksenasettelu                             | Magneettikuvaus  | EKG-tahdistettu tietokonetomografia  |
|--|--|--|
| Sydänpussi                                     | Paksuus, kiinnikkeet, nesteen laatu, restriktion ja konstriktion erotusdiagnostiikka   | Sydänpuussin puutos ja kalkkiutumaiset   |
| Kasvaimet                                      | Kasvaimen tyypittäminen eri seksenssejä hyödyntämällä, hyytymien poissulku   | Kasvaimen verisuonitus, etäpesäkkeet   |
| Kammioiden tilavuus ja toiminta                | Tarkin menetelmä   | Aliarvioi loppudiatolista tilavuutta ja supistuvuutta  |
| Sepelvaltimot                                  | Sepelvaltimoiden lähtökohdat   | Suonten tarkka anatomia ja sepelvaltimokalkkiutumaiset   |
| Läppäviat                                      | Virtausmittaukset: ahtaumat ja vuodot, läpän anatomia ja toiminta, Valsalvan sinuksen laajentumat, keuhkovaltimoläppätoimenpiteen leikkausta edeltävät kuvaukset | Läppäkalkkiutumaiset, keinoläpät, laajentumat, märkäkertymät, fistelit, läppäleikkauspotilaiden leikkausta edeltävät kuvaukset |
| Oikovirtaukset, keuhkovaltimot ja eteiskorvake | Eteis- ja kammioväliseinän aukot, keuhkovaltimoiden tyvet ja virtausmittaukset, eteiskorvakkeen hyytymä  | Poikkeava keuhkolaskimopaluu, eteis- ja kammioväliseinän aukot, eteiskorvakkeen hyytymä  |
| Sydänlihaksen arviointi                        | Jälkitechostumat, turvotus, rasva- ja rautakertymät  | Ei riittävää tarkkuutta  |
| Aortan sairaudet                               | Mittojen, virtausnopeuksien ja repeämien seurantatutkimukset, läpät, seinämien turvotus  | Stenttien ahtauma, aortan mitat ennen leikkausta, sepelvaltimot, seinämänsäiset verenpurkaumat ja seinämäpaksuus               |

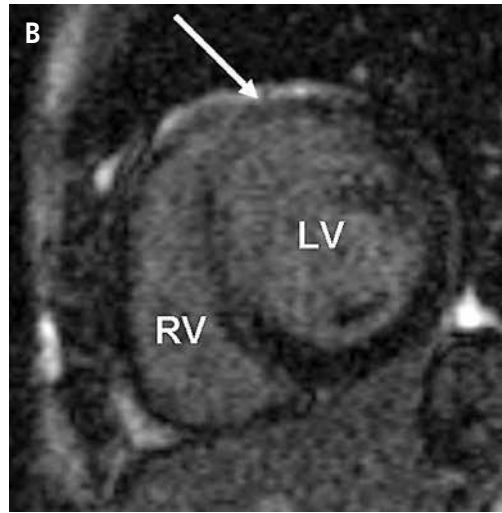
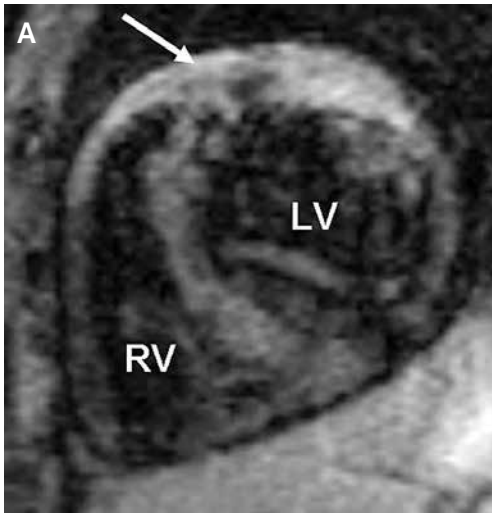
## Vasemman ja oikean kammion kuvantaminen

Kaikukuvauksen tarkkuus ei aina riitä sydämen oikean puolen tilavuuden ja supistuvuuden arviointiin. Vasemman ja oikean kammion seinämien paksuuksien, tilavuuksien ja supistuvuuden arvioissa MK on edelleen tarkin menetelmä ja soveltuu säderasituksettomana hyvin seurantatutkimukseksi (1, 2, 3). Kammioiden seinämien paksuuksia, tilavuuksia ja supistuvuutta voidaan tutkia myös TT:llä. Vasemman kammion arviointi TT:llä on harvoin perusteltua säderasituksen vuoksi, oikean kammion tutkiminen on sen sijaan joskus tarpeen synnynnäisten sydänvikojen yhteydessä, mikäli MK:ta ei vasta-aiheiden vuoksi voida tehdä. TT:llä mitattaessa kammioiden tilavuus ja ejektiofraktio jäävät kuitenkin hieman pienemmiksi kuin MK:lla TT:n huonomman aikaresoluution vuoksi (4).

Kaikukuvauksella on vaikea nähdä sydänlihaksen sisäisiä poikkeavuuksia. Varjoainetehosteinen MK on ensisijainen menetelmä,

kun halutaan tarkempaa tietoa sydänlihaksen rakenteesta. Jälkitechostumakuvauksella tutkitaan gadoliniumvarjoaineen kertymistä soluvälitilaan, kudosturvotukseen ja rikkoutuneisiin sydänlihassoluihin. Jälkitechostumat sijoittuvat eri tavalla eri sydänlihassairauksissa, joskin huomattavaa päällekkäisyyttä esiintyy ja kuvien tulkinta vaatii kokemusta (5, 6). Tuoreessa sydänlihastapahtumassa voidaan T2-painotteisissa kuvissa nähdä turvotusta, joka osoittaa esimerkiksi tulehduksen jälkitechostumaa herkemmin (7, 8). Myös TT:llä voidaan tehdä sydänlihaksen perfuusio- ja jälkitechostumakuvantamista, mutta menetelmä on vain tutkimuskäytössä eikä nykyisellään sovellu kliiniseen diagnostiikkaan.

Jälkitechostumakuvaus on osoittautunut erityisen hyödylliseksi käytännön työssä epäiltäessä tulehduksellista sydänlihassairautta. Jos MK:ssa havaitaan jälkitechostumia ja kliininen kuva sopii vaikeaan tulehdukselliseen sydänlihassairauteen kuten sarkoidoosiin tai harvinaiseen jättisolumyokardiittiin, on syytä pyrkiä aktiivisesti diagnoosiin ottamalla sydän-



**KUVA 1.** Sydänsarkoidoosipotilaan sydämen T2-rasvasuppressiokuvissa näkyy poikkileikesuunnassa kammioväliseinän etuosassa kirkasta kudosturvotusta (A). Samalla alueella on jälkitechostumakuvassa koko sydänlihaksen läpi menevää (transmuraalista) jälkitechostumaa (B). RV = oikea kammio, LV = vasen kammio

lihaksesta kudoksenäytteitä. Näyttö siitä, onko MK:n jälkitechostumalöydöksestä apua sydänlihaksi biopsioiden osuvuuden parantamisessa, on ristiriitaista, etenkin jos myös vasemman kammion biopsioita on otettu jo ensi vaiheessa, mikä on harvoin käytäntö Suomessa (9). Olemme itse pyrkineet käyttämään kuvantamistietoa aktiivisesti hyödyksi kudoksenäytteiden ottokohdan valinnassa.

Viime vuosina on saatu yhä enemmän näyttöä siitä, että sydänlihaksen jälkitechostumalla ja sen laajuudella on itsenäistä ennusteellista merkitystä useissa eri sydänsairauksissa, kuten hypertrofisessa ja dilatoivassa kardiomyopatiassa, sydäninfarktin jälkitilassa, eiskeemisessä sydämen vajaatoiminnassa ja sydänsarkoidoosissa sekä virusmyokardiitissakin (KUVA 1, INTERNETOHEISAINESTON KUVA 1) (10, 11, 12, 13, 14, 15). Jälkitechostumien puuttuminen näyttäisi sinällään olevan hyvän ennusteen merkki. Tulevaisuus näyttää, miten tätä tietoa tullaan soveltamaan käytännön työssä.

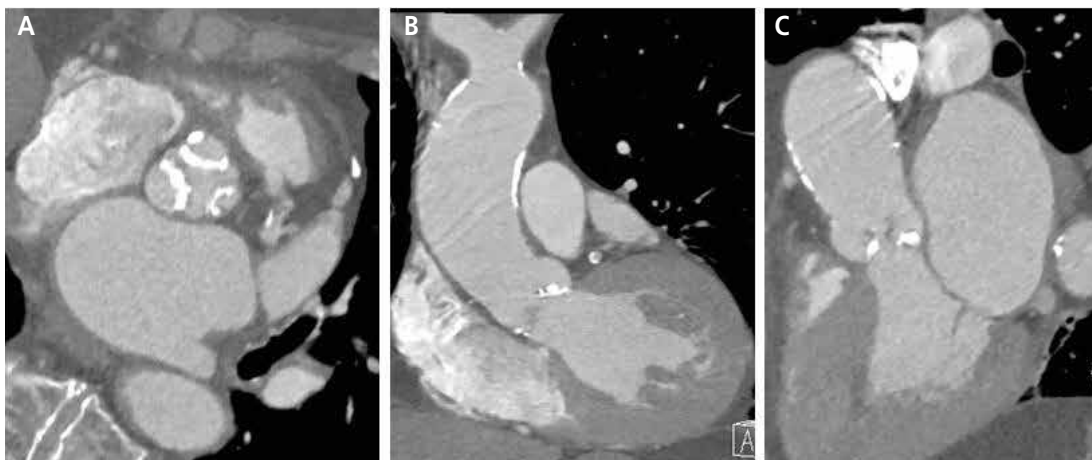
## Läppäviat

Euroopan kardiologisen seuran tuoreen hoitosuosituksen mukaan MK on hyödyksi läppävikoihin liittyvissä ongelmatilanteissa, erityisesti vuotopainotteisissa läppävioiden, kammioiden

tilavuuksien ja supistuvuuden arvioissa sekä aina kun näkyvyys kaikukuvauksessa on rajoittunut (3). Samoin TT on hyödyllinen erityisesti arvioitaessa aorttaläpän ahtaumassa läppäaukon ja nousevan aortan kokoa ja kalkkisuutta, läppäpurjeiden määrää ja sepelvaltimoita (3).

**Yleistä.** Ohuet ja liikkuvat rakenteet kuten läpät näkyvät huonomman aikaerotuskyvyn ja osaleikeilmiön vuoksi MK:ssa selvästi kaikukuvauksista ja TT:tä heikommin (16). TT:n paikkaerotuskyky on MK:ta selvästi parempi, ja läppärakenteet näkyvät paremmin, mutta toisin kuin MK:ssa läppävirtauksia ei voida mitata (17). MK:n kiistaton etu on mahdollisuus arvioida läppävuotojen astetta kahdella toisistaan riippumattomalla menetelmällä: vertaamalla vasemman ja oikean puolen kammioiden iskutilavuuksia tai tutkittavan läpän virtausmittauksilla. Virtausmittaukset ovat hyödyksi erityisesti silloin, kun sydämessä on tutkittavan läpän lisäksi myös muita läppävuotoja, jotka aiheuttavat muutoksia pelkästään kammioiden iskutilavuuksien perusteella laskettuun vuoto-osuuteen.

**Leikkausta edeltävä tutkimus.** TT soveltuu erityisen hyvin etenkin nuorille potilaille ennen läppäleikkausta tai nousevan aortan korjausleikkausta. Samalla kuvauksella voidaan tutkia aorttaläpän rakenne ja aortan mitat sekä



**KUVA 2.** Aortan EKG-tahdistettu TT ennen katetrin avulla tehtävää aorttaläppäproteesin asennusta. Aorttaläpän purjeiden määrä ja kalkkiumat näkyvät hyvin EKG-tahdistetussa TT:ssä läpän suuntaisissa rekonstruktioissa, ja läppäaukon koko voidaan mitata (A). Aorttan tyven ja nousevan aorttan ulottuvuudet voidaan luotettavasti mitata sepelvaltimon (B) ja vasemman kammion ulosvirtauskanavan suuntaisista (C) kuvista.

sulkea pois merkittävä sepelvaltimotauti. Läppäleikkauksen jälkeisissä ongelmissa ja läppätulehduksissa TT:llä voidaan nähdä läpän ja sen ympäristön märkäkertymät, mahdolliset fistelit sekä paikalliset laajentumat (17, 18). EKG-tahdistettu TT on myös vakiinnuttanut asemansa aorttan tyven koon sekä aorttaläpän ja aorttan seinämien kalkkisuuden arvioinnissa ennen katetrin avulla tehtävää aorttaläppäproteesin asennusta (TAVI) (KUVA 2) (19).

**Ongelmatilanteissa** läppävirtauksia ja läpän vuoto-osuutta kannattaa mitata MK:lla. Erityisesti keuhkovaltimoläpän systolisen virtauksen ja diastolisen vuoto-osuuden sekä sydämen oikean puolen koon määrittäminen on hyödyksi leikkaustarpeen arvioinnissa (KUVA 3) (20). Samalla saadaan tarkka käsitys keuhkovaltimon päärunjon anatomista ja keuhkovaltimoiden rakenteesta. Aorttaläpän systolisen virtauksen ja vuoto-osuuden määrittäminen on hyödyksi tilanteissa, joissa näkyvyys kaikukuvausella on huono tai vuodon vaikeusasteen arviointi on ongelmallista (3). Tämänkaltaisen tilanteen on esimerkiksi silloin, kun potilaalla on myös sydänlihassairaus tai toinen tilavuuskuormitusta aiheuttava läppävika kuten hiippaläppävuoto. Tuoreessa 113 potilaan tutkimuksessa todettiin, että oireettomilla potilailla aorttaläpän vuoto-osuudella oli itsenäinen ennustearvo keskivaikeassa tai vaikeassa

aorttaläpän vuodossa keskimäärin 2,6 vuoden seuranta-aikana (21). Mielestämme aorttaläpän vuoto-osuutta tulisikin määrittää aiempaa herkemmin keskivaikeassa tai vaikeassa aorttaläpän vuodossa parhaan leikkausajankohdan ennakoimiseksi.

**Keinoläpät.** Mekaaniset keinoläpät näkyvät huonosti sekä kaikukuvauksessa että MK:ssa. TT:ssä modernien titaanista ja hiilestä valmistettujen mekaanisten läppäproteesien läppälehdet ja niiden liike sen sijaan näkyvät hyvin jopa ilman varjoainetta (22). Varjoaineen käyttö on useimmiten tarpeen epäiltäessä läpän verihyytymää tai sidekudoslisää sekä läppärenkaan ulkopuolisten vuotojen, märkäkertymien tai laajentumien kuvantamisessa (23). Koko sydämen sykliä kuvattaessa voidaan tarkastella mekaanisen läppäproteesin liikettä liikekuvauksessa ja mitata läppäliuskojen avautumiskulmat sekä tarkastella läpän sulkeutumista. Vanhojen kobolttia sisältävien yksiliuskaisten keinoläppien on raportoitu aiheuttavan kuviin huomattavaa katvetta, eikä niiden TT-kuvantamista suositella (24).

### Sydänpussin kuvantaminen, restriktio ja konstriktio

Restriktioon tai konstriktioon viittaavat sydämen rakenteen muutokset näkyvät kaikuku-

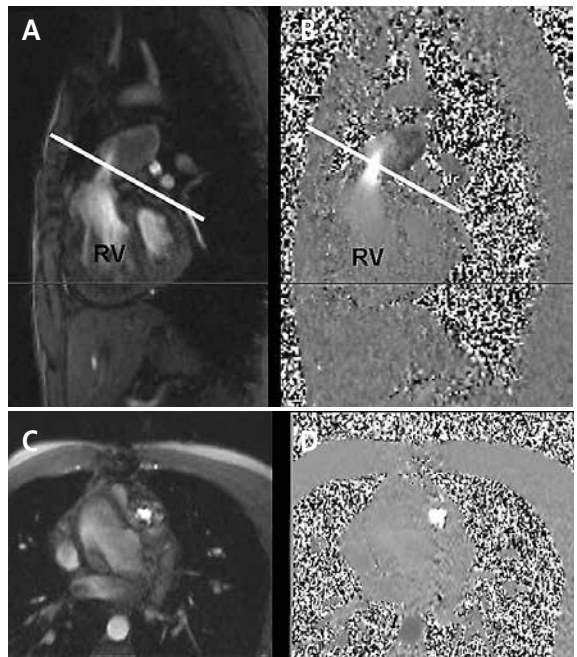
vauksessa toisin kuin sydänpussin kalkkiumat tai kertymä sairauksissa havaittava poikkeava sydänlihaksen rakenne. MK ja TT soveltuvat molemmat hyvin sydänpussin kuvantamiseen (25). Konstriktiossa esiintyvät sydänpussin kalkkiumat näkyvät myös tavanomaisissa EKG-tahdistamattomissa keuhkojen ja vartalon TT-kuvissa, joten kannattaa ensiksi selvittää, onko rintakehän aluetta tai vartaloa kuvattu TT:llä muusta syystä. TT:ssä konstriktioon viittaava sydänpussin kalkkiuma ja paksuuntuminen näkyvät myös ilman varjoainetta tehdyssä tutkimuksessa (KUVA 4).

MK:ssa sydänpussin kalkkiumat näkyvät huonosti ja epäsuorasti signaalikatona. Konstriktion ja restriktion erotusdiagnoositiikassa MK on hyödyksi: restriktioon viittaa paksu, diastolella jäykästi relaksoituvaa sydänlihaks. Restriktion etiologiaa kertymä sairauksissa kuten amyloidoosissa voidaan selvittää jälkitehostumakuvauksella (26). Harvinainen osittainen tai koko sydänpussin puutos näkyy erityisen hyvin TT:ssä mutta voidaan varsin luotettavasti diagnosoida myös MK:ssa.

## Eteiskorvakkeiden kuvantaminen

Ruokatorven kautta tehty sydämen kaikukuvaus (TEE) on ensisijainen menetelmä eteiskorvakkeen kuvantamiseen, ja leikekuvauksia tarvitaan yleensä vain, jos kaikukuvaus ei onnistu. Eteiskorvaketta voidaan kuvata sekä MK:lla että TT:llä, mutta vertailevaa tutkimusta näiden menetelmien kesken ei ole tehty. Pienissä tutkimussarjoissa MK:n tarkkuus eteiskorvakkeen hyytymän poissulkemisessa on ollut TEE:n luokkaa (27, 28). Käytännössä eteiskorvakkeen kuvantaminen MK:lla vaatii hyvää kuvan laatua ja kokemusta. Oma käytäntömme on kuvata eteiskorvakkeen suuntaisia MK-leikkeitä varjoaineen ensikierron aikana.

Mayo-klinikassa tutkittiin 402 potilasta EKG-tahdistamattomalla TT:llä ja TEE:llä ennen eteisvärinän ablaatiohoitoa (29). TEE:hen verrattuna TT:n herkkyyks ja tarkkuus olivat 100 % ja 92 % sekä negatiivinen ja positiivinen ennustearvo 100 % ja 23 %. Tutkimuksessa havaittiin eteiskorvakkeen virtausnopeuksien



**KUVA 3.** Virtausmittaukset MK:lla. Fallot'n tetralogiaa sairastavalla potilaalla on ahtaautunut keuhkovaltimohomografit, jonka ahtaumaa ja vuoto-osuutta voidaan mitata. Virtauksen suuntaisessa inplane-kuvassa (A–B) nähdään kiihtynyt virtaus, kohtisuoraan virtausta vastaan otetusta throughplane-kuvasta (C–D) voidaan työasemalla määrittää huippuvirtaus ja vuodon määrä. RV = oikea kammi



**KUVA 4.** Mulibrey-nanisia sairastavan potilaan konstriktiivinen perikardiitti. Ilman varjoainetta tehdyssä sydämen EKG-tahdistetussa tietokonotomografiassa (TT) nähdään paksuuntunut ja kalkkiutunut sydänpussi.

## YDINASIAT

- ▶▶ Magneettikuvaus on hyödyllinen synnynnäisissä sydänvioissa ja tulehduksellisten sydänlihassairauksien diagnostiikassa.
- ▶▶ Magneettikuvauksen käyttö lisääntyy läppävuotojen vaikeusasteen arvioinnissa.
- ▶▶ EKG-tahdistettu tietokonetomografia on tarkka sydämen ja verisuoniston rakenteen kuvantamisessa.
- ▶▶ Sydämen magneettikuvaus ja tietokonetomografia ovat korvaamassa osaa kajoavista sydäntutkimuksista.

olevan TEE:ssä selvästi hitaampia potilailla, joilla korvake ei täyttynyt varjoaineella, vaikka hyytymää ei todettukaan. Tuoreessa 2955 potilaan meta-analysissä verrattiin eteiskorvakkeen kuvantamista TT:llä ja TEE:llä ennen eteivärinän rytminsiirtoa tai ablaatiohoitoa sekä sydänperäisen embolialähteen poissulkemisessa. TEE:hen verrattuna TT:n herkkyys oli 96 % ja tarkkuus 92 % sekä positiivinen ja negatiivinen ennustearvo 41 % ja 99 %. Uusintakuvaus 1–2 minuuttia varjoaineen annon jälkeen paransi selvästi TT:n tarkkuutta korvakehyytymän poissulkemisessa, joskin sädeannos suurenee tällöin kaksinkertaiseksi (herkkyys 100 %, tarkkuus 99 %, positiivinen ja negatiivinen ennustearvo 92 % ja 100 %) (30). Eteiskorvakkeen kuvantaminen TT:llä tulee siis aina tehdä kaksivaiheisena, ja muun TT-kuvantamisen yhteydessä sattumalöydöksenä todettuun korvakehyytymän epäilyyn tulee suhtautua kriittisesti (KUVA 5). TT-tutkimus on myös vakiinnuttamassa asemaansa eteiskorvakkeen tarkan anatomian selvittämisessä sekä hyytymän poissulkemisessa ennen eteiskorvakkeen laitesulkutoimenpidettä.

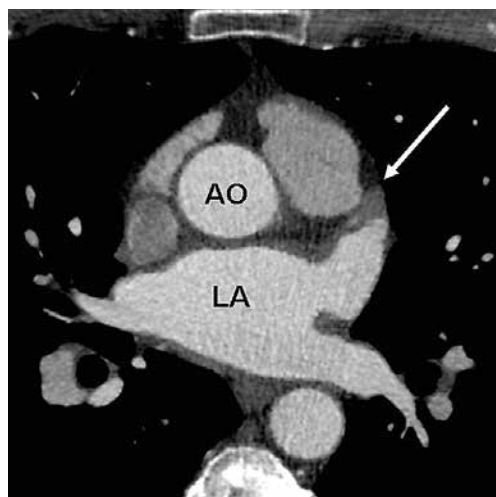
### Vaikeat synnynnäiset sydänviiat

MK soveltuu erityisen hyvin synnynnäisten sydänvikojen seurantatutkimukseksi säde-  
 1082 rasituksen puutteensa vuoksi. MK on tarkin

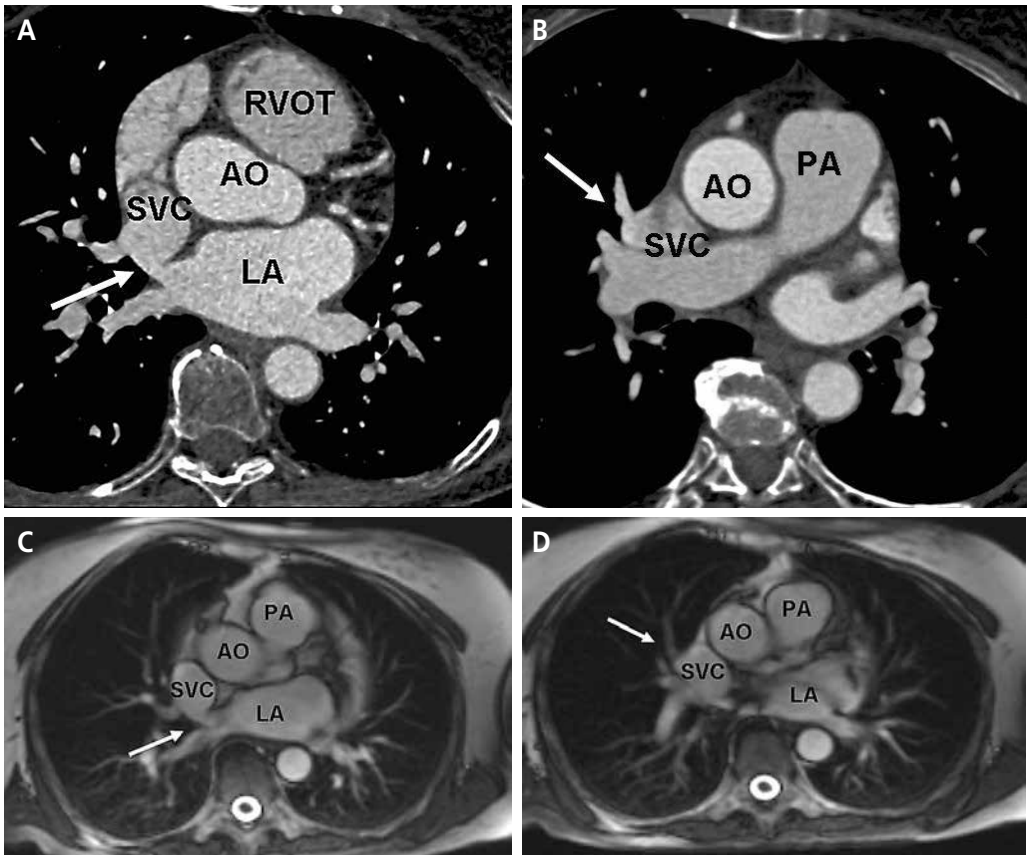
menetelmä oikean kammion tilavuuksien ja supistuvuuden arvioinnissa. Lisäksi sillä voidaan mitata keuhkovaltimoläpän vuoto-osuus. Säderasituksensa takia TT sopii huonosti nuorten potilaiden toistuvaksi seurantatutkimukseksi.

Aikuisten potilaiden, joiden Fallot'n tetralogia on korjattu, keuhkovaltimoläpän ahtaumaa ja vuotoa, oikean kammion tilavuutta ja supistuvuutta sekä keuhkovaltimoiden rakennetta seurataan MK:lla (INTERNETOEIS-  
 AINEISTON KUVA 2). Kun valtasuonten transpositio (TGA) on korjattu, voidaan MK:lla tunneliahtaumaa epäiltäessä kuvata valtimo- ja laskimotunneleita ja tarvittaessa myös tunnellivirtauksia. Yksikkammioiden sydämen Fontanin verenkierrossa voidaan arvioida oikean puolen tunneleiden rakennetta ja mahdollisia aorttopulmonaalaisia uudissuonia sekä keuhkovaltimoiden rakennetta.

TT:tä voidaan käyttää edellä mainituissa tilanteissa myös, mikäli MK:ta ei voida tehdä tai halutaan tarkkaa anatomista pienten verisuonirakenteiden kuvantamista (31). Tällöin kuvaus suunnitellaan potilaskohtaisesti kliininen kysymyksenasettelu huomioiden. Myös TT:llä voidaan määrittää oikean kammion tilavuus, supistuvuus ja keuhkovaltimoiden rakenne.



**KUVA 5.** Vasemman eteiskorvakkeen hyytymä. Eteisvärinän vuoksi katetriablaatioon tulossa olleelle potilaalle tehty EKG-tahdistettu sydämen tietokonetomografia, jossa nähdään vasemmassa eteiskorvakkeessa varjoaineen puutosvarjo, joka sopii hyytymään. LA = vasen eteinen, AO = aortta



**KUVA 6.** Sydämen eteisväliseinäaukko ja osittain poikkeava keuhkolaskimopaluu. Potilaalle on tehty sydämen varjoainetehosteinen, EKG-tahdistettu TT ja MK oikovirtausten löytämiseksi. Sydämen TT:ssä näkyy korkealla sijaitseva sinus venosus -tyyppinen eteisväliseinäaukko (A) ja yläonttolaskimoon poikkeavasti laskeva oikean keuhkon ylälohkon laskimo (B). Vastaavat löydökset erottuvat MK:ssa aksiaalisessa liikekuvasarjassa, jossa paikkaerotuskyky on kuitenkin huonompi (C–D). SVC = yläonttolaskimo, LA = vasen eteinen, AO = aortta, PA = keuhkovaltimo, RVOT = oikean kammion ulosvirtauskanava

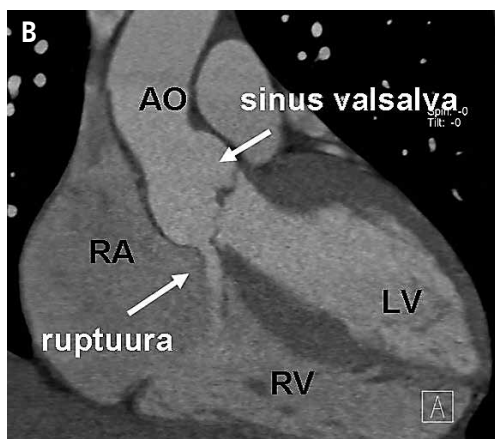
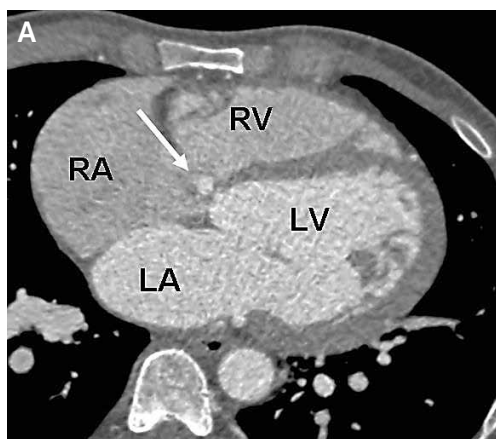
Korjatussa valtasuonten transpositiossa laskimo- ja valtimotunneleita voidaan kuvata erillisillä käsivarren (ylälaskimotunneli) ja nivusen laskimoon tehdyillä (alalaskimotunneli) varjoaineruiskutuksilla. Yksikkamioisen sydämen Fontanin verenkiertoa ja mahdollisia aorttopulmonaalaisia uudissuonia voidaan myös kuvata TT:llä; jälkimmäisten kuvaamiseen tarvitaan usein kaksivaiheista kuvausprotokollaa.

MK on aortan koarktaation ensisijainen seurantamenetelmä. Aortan koarktaatiokohdan koon lisäksi voidaan mitata kohdan huippuvirtausnopeutta. Mikäli MK on vasta aiheinen, on toistuvien TT-tutkimusten säde-  
 rasiuksen minimoimiseksi syytä rajata kuvaus-  
 aluetta koko aortan kuvaamisen sijasta ja  
 käyttää säderasitusta vähentäviä kuvaustapoja.

## Oikovirtaukset

Kaikukuvaus ja erityisesti TEE ovat ensisijaisia menetelmiä oikovirtausten arvioinnissa. MK ja TT ovat hyödyksi, jos TEE ei onnistu tai oikovirtaus sijaitsee sydämen ulkopuolella.

MK:n etuna TT:hen verrattuna on mahdollisuus laskea mahdollinen oikovirtaussuhde (QP/QS) vasemman ja oikean kammion ulosvirtausmittausten tai kammioiden iskutilavuuksien avulla. Jos oikovirtaussuhde on jo tiedossa, on TT paremman paikkaerotuskykynsä vuoksi oman kokemuksemme perusteella parempi erityisesti pienehköjen oikovirtausten toteamiseen. Esimerkiksi eteis- ja kammiövääliseinäpuutokset ja eteisväliseinäpuutokseen liittyvä poikkeava keuhkolaski-



**KUVA 7.** Valsalvan sinuksen repeämä. Aksiaalisuunnan TT:ssä aortan tyvestä lähtee pieni varjoainetäyteinen pussukka (A). Koronaalisuunnan reformaattikuvassa näkyy Valsalvan sinuksen repeämään sopiva varjoaineen karkaaminen oikean eteisen puolelle (B). RA ja LA = oikea ja vasen eteinen, RV ja LV = oikea ja vasen kammi.

mopaluunäkyvät TT:ssä hyvin (KUVA 6) (31). Valsalvan sinuksen laajentuma ja sen repeämä näkyvät luotettavasti molemmilla menetelmillä (KUVA 7). TT:n etuna on samanaikainen sepelvaltimoiden kuvaus, joka usein tarvitaan ennen leikkausta.

### Tahdistinpotilaan MK

Myös sydämentahdistinpotilaita voidaan potilaskohtaisen harkinnan mukaan kuvata turvallisesti MK:lla, mikäli muu kuvantaminen ei riitä (32). HUS-alueella on luotu systemaattinen toimintamalli tahdistinpotilaiden MK-kuvaukseen. Kun kliinikko lähettää tahdistinpotilaan MK:hon, lähete ohjataan ensin elinkohtaiselle vastuuradiologille kuvausaiheen arvioon. Mikäli kliininen aihe on merkittävä eikä muu kuvantaminen riitä, lähete siirtyy tahdistinkardiologille, joka arvioi potilaan soveltuvuuden MK:hon. Mikäli kuvaus voidaan tahdistinkardiologin puolesta tehdä, potilas käy ennen MK:ta ja sen jälkeen tahdistinpoliklinikassa. Kuvaukset on keskitetty Meilahden sairaalaan virka-ajalle, jolloin tahdistinhoitoon perehtynyt kardiologi on saatavilla. Maanlaajuisia vakiokäytäntöjä tai suosituksia ei Suomessa toistaiseksi ole.

### Lopuksi

Hankalissa tilanteissa kannattaa konsultoida  
1084 kuvausmenetelmän valintaan ja käytännön

toteutukseen liittyvissä asioissa sydänkuvantamiseen perehtynyttä yksikköä. Hyvä lähete, jossa on kerrottu tärkeimmät kliiniset kysymyksenasettelut, on ensiarvoisen tärkeä. Ilman etukäteen luotua yhteistyökuviota monimutkaiset ongelmanselvittelyt onnistuvat päivystyksessä harvoin tyydyttävästi. Sydämen leikekuvauksen kehitys on tuonut uusia mahdollisuuksia, ja kardiologien ja radiologien haasteena on pysyä laitekehityksen mukana. Ensiarvoisen tärkeitä ovat myös sydänkuvantamiseen perehtynyt sairaalafyysikko ja siihen erikoistuneet röntgenhoitajat. Kliinisissä ongelmatilanteissa tulisi aiempaa herkemmin käyttää hyväksi digitaalisen kuvansiirron mahdollisuuksia ja kuvakonsultaatiota. ■

**HELENA HÄNNINEN, LT, sisätautien ja kardiologian erikoislääkäri, osastonlääkäri**

**MIIA HOLMSTRÖM, LT, radiologian erikoislääkäri**

**SARI KIVISTÖ, LT, radiologian erikoislääkäri, vs. osastonyliääkäri**

HUS Sydän- ja keuhkokeskus  
HUS-Kuvantaminen

#### SIDONNAISUUDET

**Helena Hänninen:** Koulutus/kongressikuluja yrityksen tuella (Siemens, Abbott Vascular)

**Miia Holmström:** Luentopalkkio (Oulun yliopistollinen sairaala, Suomen Kardiologinen seura)

**Sari Kivistö:** Matkakorvaus (Suomen Kardiologinen Seura), Luentopalkkio (Suomen Röntgenhoitajaliitto), koulutus/kongressikuluja yrityksen tuella (Euro CMR, Wien 2012 Cardiac CTand MRI, Cannes 2012)



## KIRJALLISUUTTA

1. Maceira AM, Prasad SK, Khan M, Pennell DJ. Reference right ventricular systolic and diastolic function normalized to age, gender, and body surface area from steady-state free precession cardiovascular magnetic resonance. *Eur Heart J* 2006;27:2879–88.
2. Prakken NH, Velthuis BK, Teske AJ, Mosterd A, Mali WP, Cramer MJ. Cardiac MRI reference values for athletes and nonathletes corrected for body surface area, training hours/week and sex. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2010;17:198–203.
3. Vahanian A, Alfieri O, Andreotti F, *ym.* Joint Task Force on the Management of Valvular Heart Disease of the European Society of Cardiology (ESC). Guidelines on the management of valvular heart disease (version 2012). *Eur Heart J* 2012;33:2451–96.
4. Maffei E, Messalli G, Martini C, *ym.* Left and right ventricle assessment with Cardiac CT: validation study vs. Cardiac MR. *Eur Radiol* 2012;22:1041–9.
5. Hedman M, Mussalo H, Hänninen H, Holmström M, Kivistö S. Sydänlihassairauksien kuvantaminen. *Sydänääni* 2012;12:51–62.
6. Mahrholdt H, Wagner A, Judd RM, Sechtem U, Kim RJ. Delayed enhancement cardiovascular magnetic resonance assessment of non-ischaemic cardiomyopathies. *Eur Heart J* 2005;26:1461–74.
7. Friedrich MG, Sechtem U, Schulz-Menger J, *ym.* Cardiovascular magnetic resonance in myocarditis: A JACC White Paper. *J Am Coll Cardiol* 2009;53:1475–87.
8. Zagrosek A, Abdel-Aty H, Boyé P, *ym.* Cardiac magnetic resonance monitors reversible and irreversible myocardial injury in myocarditis. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009;2:131–8.
9. Yilmaz A, Kindermann I, Kindermann M, *ym.* Comparative evaluation of left and right ventricular endomyocardial biopsy: differences in complication rate and diagnostic performance. *Circulation* 2010;122:900–9.
10. Aljaroudi WA, Flamm SD, Saliba W, Wilkoff BL, Kwon D. Role of CMR imaging in risk stratification for sudden cardiac death. *JACC Cardiovasc Imaging* 2013;6:392–406.
11. Assomull RG, Prasad SK, Lyne J, *ym.* Cardiovascular magnetic resonance, fibrosis, and prognosis in dilated cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2006;48:1977–85.
12. Greulich S, Deluigi CC, Gloekler S, *ym.* CMR imaging predicts death and other adverse events in suspected cardiac sarcoidosis. *JACC Cardiovasc Imaging* 2013;6:501–11.
13. Grün S, Schumm J, Greulich S, *ym.* Long-term follow-up of biopsy-proven viral myocarditis: predictors of mortality and incomplete recovery. *J Am Coll Cardiol* 2012;59:1604–15.
14. O'Hanlon R, Grasso A, Roughton M, *ym.* Prognostic significance of myocardial fibrosis in hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2010;56:867–74.
15. Wu KC, Weiss RG, Thiemann DR, *ym.* Late gadolinium enhancement by cardiovascular magnetic resonance heralds an adverse prognosis in nonischemic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2008;51:2414–21.
16. Cawley PJ, Maki JH, Otto CM. Cardiovascular magnetic resonance imaging for valvular heart disease: technique and validation. *Circulation* 2009;119:468–78.
17. Morris MF, Maleszewski JJ, Suri RM, *ym.* CT and MR imaging of the mitral valve: radiologic-pathologic correlation. *Radiographics* 2010;30:1603–20.
18. Chen JJ, Manning MA, Frazier AA, Jeudy J, White CS. CT angiography of the cardiac valves: normal, diseased, and postoperative appearances. *Radiographics* 2009;29:1393–412.
19. Kasel AM, Cassese S, Bleiziffer S, *ym.* Standardized imaging for aortic annular sizing: implications for transcatheter valve selection. *JACC Cardiovasc Imaging* 2013;6:249–62.
20. Chaturvedi RR, Redington AN. Pulmonary regurgitation in congenital heart disease. *Heart* 2007;93:880–9.
21. Myerson SG, d'Arcy J, Mohiaddin R, *ym.* Aortic regurgitation quantification using cardiovascular magnetic resonance: association with clinical outcome. *Circulation* 2012;126:1452–60.
22. Tsai IC, Lin YK, Chang Y, *ym.* Correctness of multi-detector-row computed tomography for diagnosing mechanical prosthetic heart valve disorders using operative findings as a gold standard. *Eur Radiol* 2009;19:857–67.
23. Habets J, Mali WP, Budde RP. Multi-detector CT angiography in evaluation of prosthetic heart valve dysfunction. *Radiographics* 2012;32:1893–905.
24. Habets J, Symersky P, van Herwerden LA, *ym.* Prosthetic heart valve assessment with multidetector CT: imaging characteristics of 91 valves in 83 patients. *2011;21:1390–6.*
25. Yared K, Baggish AL, Picard MH, Hoffmann U, Hung J. Multimodality imaging of pericardial diseases. *JACC Cardiovasc Imaging* 2010;3:650–60.
26. Maceira AM, Joshi J, Prasad SK, *ym.* Cardiovascular magnetic resonance in cardiac amyloidosis. *Circulation* 2005;111:186–93.
27. Ohyama H, Hosomi N, Takahashi T, *ym.* Comparison of magnetic resonance imaging and transesophageal echocardiography in detection of thrombus in the left atrial appendage. *Stroke* 2003;34:2436–9.
28. Rathi VK, Reddy ST, Anreddy S, *ym.* Contrast-enhanced CMR is equally effective as TEE in the evaluation of left atrial appendage thrombus in patients with atrial fibrillation undergoing pulmonary vein isolation procedure. *Heart Rhythm* 2013;10:1021–7.
29. Martinez MW, Kirsch J, Williamson EE, *ym.* Utility of nongated multidetector computed tomography for detection of left atrial thrombus in patients undergoing catheter ablation of atrial fibrillation. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009;2:69–76.
30. Romero J, Husain SA, Kelesidis I, Sanz J, Medina HM, Garcia MJ. Detection of left atrial appendage thrombus by cardiac computed tomography in patients with atrial fibrillation: a meta-analysis. *Circ Cardiovasc Imaging* 2013;6:185–94.
31. Wiant A, Nyberg E, Gilkeson RC. CT evaluation of congenital heart disease in adults. *AJR Am J Roentgenol* 2009;193:389–96.
32. Brignole M, Auricchio A, Baron-Esquivias G, *ym.* 2013 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy: the Task Force on cardiac pacing and resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC). Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association (EHRA). *Eur Heart J* 2013;34:2281–329.

## Summary

### When ultrasonic imaging is not enough – cardiac magnetic resonance imaging or computed tomography?

Ultrasonic imaging is the first-line method for imaging the structure of the heart. Cardiovascular computed tomography is rapidly complementing ultrasonic imaging and replacing invasive methods of examination in many problem settings. CMR is important in the monitoring of congenital heart defects and diagnosis of severe inflammatory cardiomyopathies. CMR is beneficial especially in the imaging of regurgitant valvular disease, assessment of ventricular volume and contractility and in cases of limited visibility on ultrasonic imaging. ECG-synchronized computed tomography is well suited as a preoperative examination for young patients undergoing aortic or valve surgery.