

# Sydämen tietokonetomografiatutkimus

HELENA HÄNNINEN

MIIA HOLMSTRÖM

SARI KIVISTÖ

## Johdanto

Monirivisten, käytännössä 64-leikelaitteiden markkinoille tulo v. 2004 mahdollisti yhdessä EKG-tahdistettujen ohjelmistojen kanssa riittävän aika- ja paikkaresoluution sydämen ja sepelvaltimoiden kuvantamiseen tietokonetomografialla. Tietokonetomografia tuottaa kuvadataa, jossa on isotrooppinen vokselikoko, esim.  $0.6 \times 0.6 \times 0.6$  mm, mahdollistaa pienten rakenteiden kuten verisuonten ja sydämen anatomisten rakenteiden tarkastelun sekä 3D-reformaattien tekemisen. Tietokonetomografia soveltuu sepelvaltimoiden lisäksi hyvin sydämen lokeroiden sekä läppien anatomian ja funktion tutkimiseen, sydänpussin, oikovirtausten ja aortan sairauksien kuvaamiseen.

## Esivalmisteluun ja tietokonekuvantamiseen liittyvät oleelliset seikat

### Esilääkitys ja EKG-tahdistus

Sydämen tietokonetomografiatutkimuksessa EKG-tahdistus on tärkeä osa kuvausta. Tutkimuksen onnistuminen vaatii mahdollisimman tasaisen ja rauhallisen

sykkeen. Tämän vuoksi kunnollinen esilääkitys ( $\beta$ -salpaaja iv. tai p.o) on suotavaa. Sepelvaltimoiden kuvantamisessa pyritään alle 65/min pulssitaajuuteen mutta muissa kuvausindikaatioissa syketaajuus ei ole niin kriittinen, koska tutkittavat rakenteetkin ovat usein sepelvaltimoita suurempia.

Eteisvärinä, runsas ekstrasystolia tai huomattavan korkea pulssitaso huolimatta optimaalisesta esilääkityksestä ovat este nykyisillä 64- ja 128-leikelaitteilla sydämen kuvantamiseen. Useimmat potilaat sietävät hyvin esilääkityksen ( $\beta$ -salpaaja ja nitrosumute), mutta joillakin potilailla, kuten vaikea-asteista sydämen vajaatoimintaa tai astmaa sairastavilla tulee noudattaa varovaisuutta annostelussa. Lisäksi täytyy tapauskohtaisesti harkita potilaan peruspulssitason ja kysymyksenasettelun mukaisesti, saako kyseisellä syketasolla todennäköisesti tarvittavan informaation tutkimuksesta.

Prospektiivisessä tahdistuksessa kuvaus (ja sädeytys) keskitetään etukäteen valittuun sydämen syklin kohtaan, yleensä loppudiasoleen. Retrospektiivisessä tahdistuksessa kuvadataa kerätään ennalta määrättyssä kohtaa RR-väliä (esim. pelkästään loppudiasole ja loppusystole) tai koko syklin ajan, jolloin voidaan valita vähiten liikeartefaktaiset sydämen faasit jälkikäsitteilyyn. Retrospektiivisessä tahdistuksessa sädeannos on suurempi, mutta se ei ole niin altis sydämen rytmin vaihteluille, lisäksi molempien kammioiden volymetrioiden ja funktion laskeminen on mahdollista (kuva 1).

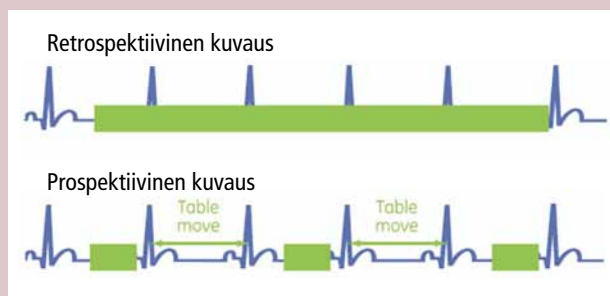
## Kuvausindikaatiot

### Sydämen ja sydänpussin kuvantaminen

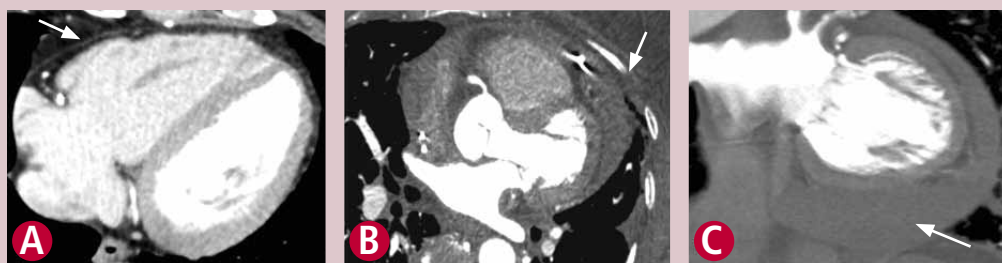
Tietokonetomografialla saadaan arvokasta lisäinformaatiota sydämen ja sydänpussin sairauksissa. Sydän-

pussin paksuus, kalkkeumat, neste, tulehdus (perikardiitti), kystat (kuva 2a-c) ja harvinaiset sydänpussin puutokset (kuva 3a-b) näkyvät luotettavasti tietokonetomografialla. Tuumorin tiheysarvojen perusteella (HU-arvo) voidaan päätellä, sisältääkö tuumori rasvaa, nestettä vai solidia komponenttia. Kalkit näkyvät hyvin etenkin ilman varjoainetta tehdyssä natiivikuvauksessa. Lisäksi voidaan arvioida tuumorin verisuonitusta ja mahdollista yhteyttä sepelvaltimoihin tai laskimokiertoon (kuva 4a-b). Tuumorin ja trombin erotusdiagnoositiikassa tietokonetomografia antaa usein lisätietoa; tuumorissa voi näkyä varsi ja trombi taas ei tyypillisesti tehostu.

Eteisvärinäpotilailla ennen ablaatiohoitoa voidaan tarkastella eteiskorvakkeen anatomiaa ja poissulkea



**Kuva 1.** EKG-tahdistus tietokonetomografiatutkimuksessa. Retrospektiivisessä tahdistuksessa kuvausalue kattaa koko sydämen syklin ja säteilytys kestää koko kuvauksen ajan. Säteilytystä voidaan myös modifioida tapauskohtaisesti loppu-diastoleen ja -systoleen. Prospektiivisessä tahdistuksessa kuvataan pelkästään haluttu alue sydämen syklistä, yleensä loppu-diastolinen osa.



**Kuva 2.** Perikardiumin kuvantaminen.

A. Normaali perikardium on paksuudeltaan alle 4 mm. Parietaalisen (nuoli) ja viskeraalisen lehden välissä on normaalisti nähtävissä rasvaa.

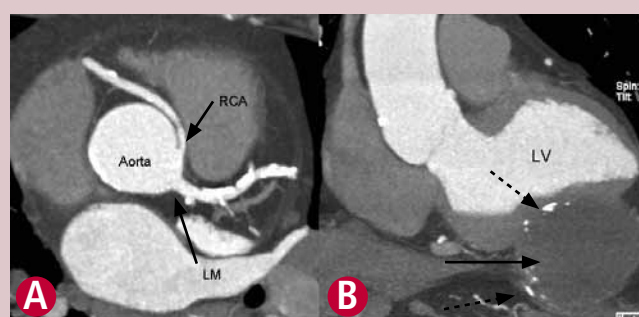
B. Tahdistinelektrodin perforoituminen oikean kammion vapaan seinämän läpi ja tähän liittyvä hemoperikardium (nuoli).

C. Vasemman kammion ympärillä runsaasti perikardiumnestettä (nuoli).



**Kuva 3.** Perikardiumdefekti.

55-vuotias mies, jolle epäselvien rytmihäiriöiden vuoksi tehtiin sydämen magneettitutkimus. Kuvauksessa ei todettu inflammatoriseen tai infiltratiiviseen sydänlihassairauteen viittaavaa. Sen sijaan todettiin sydämen asento poikkeavaksi ja voimakkaasti vasemmalle kääntyneeksi. Perikardium erottui magneettitutkimuksessa huonosti. Varmentavaksi tutkimukseksi tehtiin tietokonetomografia, jossa todettiin sydämen akseli voimakkaasti vasemmalle kääntyneeksi ja laaja perikardiumdefekti (katkoviivanuoli). Normaalia perikardiumia oli vain oikean eteisen ja kammion anterioripuolella lyhyellä matkaa (nuoli).

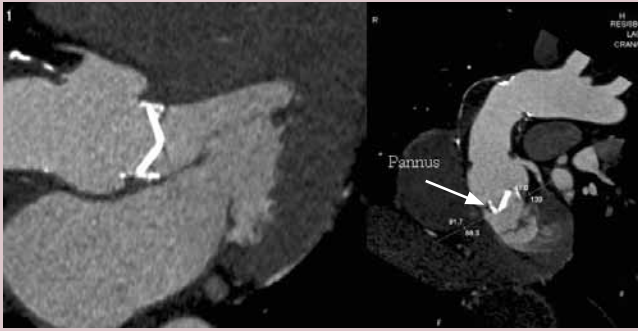


**Kuva 4.** Perikardiumin kysta ja koronaarianomalia.

58-vuotias mies, jolla aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu inferiorisesti perikardiumissa kookas kysta. Koronaariangiografiassa vasen sepelvaltimo (LM) todettiin olevan avoin, oikeaa sepelvaltimoa (RCA) ei löydetty.

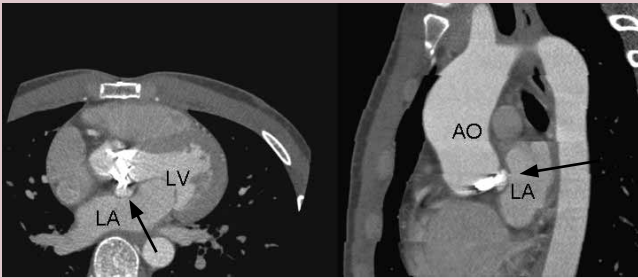
A. Tietokonetomografiassa todettiin oikean koronaarin lähtevän vasemmasta koronaarikuspista erillisellä ostiumilla ja kulkevan interarteriaalisesti aortan ja truncus pulmonaloksen välistä.

B. Kysta rajautuu tarkasti sydänlihakseen (nuoli) ja seinämissä on hentoja kalkkeja (katkoviivanuolet).



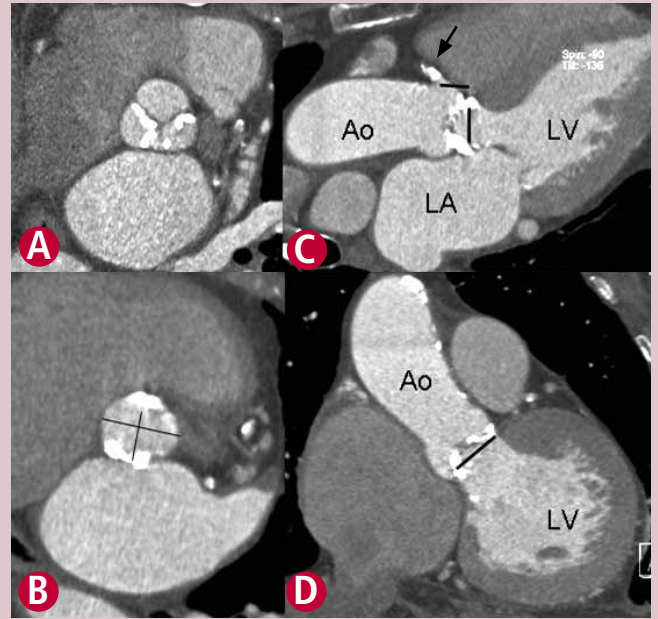
**Kuva 5.** Mekaaninen aorttakeinoläppä.

43-vuotias mies, jolla on nouseva aortta ja aorttaläppä protetisoitu St. Jude composite graftilla. Echotutkimuksessa epäilty läpän ahtaumaa. Kuvauksessa toinen keinoläpän purjeista avautuu vaillinaisesti ja läpärakenteissa nähtävissä myös niukkasignaalista pannusta.



**Kuva 6.** Pseudoaneurysma keinoläpän tyvessä.

23-vuotias mies, jolla asennettu mekaaninen aorttakeinoläppä bikuspisen aorttaläpän vuoksi. Ultraäänellä on nähty pussimainen muutos aortan tyvessä. Tietokonetomografiassa nähdään aorttaläpän saumalueella varjoaineella täyttyvä pseudoaneurysma, joka pullistuu vasemman eteisen suuntaan (nuolet).



**Kuva 7.** TAVI (transcatheter aortic valve implantation) operaatioon tulevan potilaan preoperatiivinen tietokonetomografia.

85-vuotias mies, joka paljon perussairauksia ja oireinen aorttastenoo-

si. **A.** Tietokonetomografiassa nähdään hyvin aorttaläppäkuspien anatomia ja kalkkeumat.

**B.** Läppäannuluksen kalkkeutumat ja soikea muoto ovat arvioitavissa annulusta kohtisuoraan olevasta projektiosta.

**C-D.** Samoin annuluksen läpimitta ja koronaarisuonten etäisyys annuluksesta on arvioitavissa sagittaalisuunnan ja koronaalisuunnan reformaateista. (RCA:n ostium merkitty kuvaan nuolella). Tutkimuksessa nähdään myös hyvin aortan seinämän kalkkeumat ja pehmeät plakit, sekä suurten suonten avoimuus nivusreittiä ajatellen.

lokeroiden sisäiset trombit. Samalla nähdään tarkasti keuhkolaskimoiden anatomia.

Sydämen volyymien ja funktion arvioinnissa magneettikuvaus on edelleen kultainen standardi, mutta tietokonetomografialla voidaan määrittää sydämen lokeroiden volyymit ja systolinen funktio suuntaa-antavasti, jos magneettikuvaus on potilaalle vasta-aiheinen. Kuvaus täytyy tehdä koko syklin kattavasti (retrospektiivisesti) ja kuvista tulee jälkikäsitellä 5–10 % välein faasit, jotta voidaan mahdollisimman tarkasti määrittää kammiodien loppudistolinen ja -systolinen volyymi. Viimeaikaisten tutkimusten perusteella tietokonetomografialla vasemman kammion volymetriatulosten vaihteluväli magneettikuvauksen tuloksiin verrattaessa on + 12 %. Lisäksi ejektiofraktioiden tulokset ovat keskimäärin 2 % alhaisempia kuin magneettikuvauksessa johtuen huonommasta aikaresoluutiosta ja mahdollisuudesta määrittää optimaalinen loppudistolinen ja

-systolinen ajankohta. Tulokset ovat sitä luotettavampia, mitä rauhallisempi ja tasaisempi syke kuvaushetkellä on.

### Sydänlääpien ja keinolääpien kuvantaminen

Sydänlääpien anatomiaa, avautumispinta-alaa ja vuodon pinta-alaa voidaan määrittää retrospektiivisesti EKG-tahdistetulla tietokonetomografialla. Tutkimuksessa näkyvät erityisen hyvin kalkkeutumat sekä pehmeät plakit läppäannuluksessa ja aortan seinämissä. Myös keinolääpien läpimittaa ja avautumis- sekä sulkeutumiskulmia voidaan tutkia tietokonetomografialla (kuva 5). Alustavat tulokset korreloivat hyvin kinefluorokopian tuloksiin. Molemmista tutkimuksista pannus ja arpimuodostus voivat aiheuttaa sen, että keinolääpien avautuminen jää alle laitevalmistajan ilmoittaman maksimaalisen avautumiskulman vaikka läpän virtausdynamikka olisi ultraäänitutkimuksessa kuitenkin normaali.

Pannuksen lisäksi voidaan nähdä postoperatiiviset märkäkertymät, pseudoaneurysmat ja fistelit (kuva 6).

### Perkutaaniläppien preoperatiivinen kuvantaminen

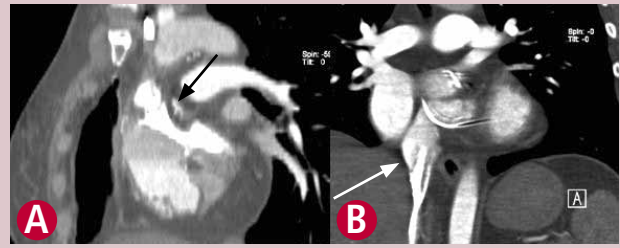
Sydämen preoperatiivinen kuvaus tietokonetomografi-alla ennen perkutaanisten läppien asennusta on viime aikoina alkanut myöskin vakiintua. Läppäannulusten, pulmonaalihomografin ja aortan tarkat ulottuvuudet on mitattavissa luotettavasti jälkikäsitteilykuvista. Homografin ja aortan seinämämuutokset sekä suonten avoimuus on luotettavasti arvioitavissa. Kuvista voidaan mitata sepelvaltimoiden lähtökohtien etäisyys annulustasosta ja tehdä arvio parhaasta leikkausreitistä (kuva 7a–d).

### Tahdistinpotilaat ja synnynäiset sydänviiat

Magneettikuvaus voidaan korvata tietokonetomografi-alla tietyissä tilanteissa silloin, jos magneettikuvaus on vasta-aiheinen kehon magneettiyhteensopimattomien metalliosien, tahdistimen tai klaustrofobian vuoksi. Tällaisia potilasryhmiä ovat synnynäistä sydänvikaa sairastavat potilaat, joilla halutaan selvittää vaikeaa anatomiaa, oikean puolen tai systeemikammion volyymeja sekä funktiota (Mustard- ja Senning-leikattujen valtimo- ja laskimotunnelien, Fontan verenkierron tai Glennin shunttien avoimuus, yksikammioisten sydänvikapotilaiden systeemikammion tila) (kuva 8a–b). Lisäksi on mahdollista tutkia pulmonaalihomografin kalkkeutumista (kuva 9a–d) ja verisuonten anatomiaa (vascular ring, rekoarktaation seuranta) sekä diagnosoida sydänvikoihin usein liittyvät ja leikkauksessa huomionarvoiset koronaarianomaliat ja aortopulmonaaliset kollateraalit (kuva 10).

### Oikovirtaukset

Sydämen tietokonetomografia soveltuu hyvin sydämen sisäisten ja ulkopuolisten oikovirtausten tutkimiseen. Tällaisia ovat kammioväliseinän ja eteisläiseinän au-



**Kuva 8.** Senning-korjattu suurten suonen transpositio.

32-vuotias nainen, jolla suurten suonten transpositio joka Senning-korjattu 1v iässä, tahdistin. Halutaan selvittää laskimotunnelien avoimuutta. Tietokonekuvaus tehty ruiskuttamalla eri bolukset kyy-närvarren laskimoon ylätunnelin kuvaamiseksi (A.) ja vena femoralikseen alätunnelin (B.) näkemiseksi. Molemmat tunnelit todettiin avoimiksi (merkitty kuviin nuolin).



**Kuva 9.** Keuhkovaltimohomografin tietokonetomografia.

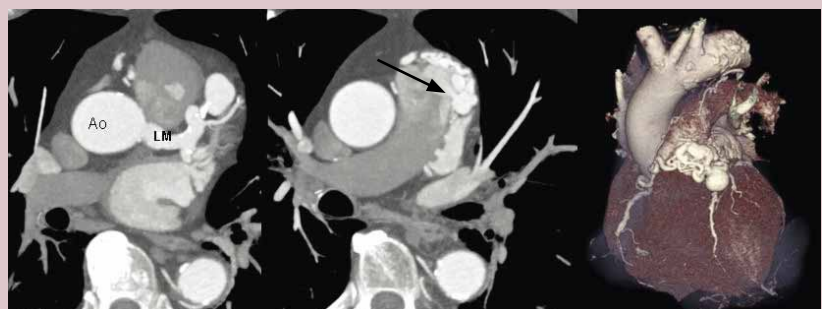
18-vuotias nainen, jolla dextrokardia, AV-diskordanssi ja VSD, tahdistin. Keuhkovaltimoläpän tilalla homografti, joka todettu ahtaaksi. Kuvattu Melody-läpän asennuksen suunnittelua varten.

A–B. 2D-reformaateissa nähdään sirkulaarisesti kauttaaltaan kalkkeutunut homografti (nuolet), jonka ahtain kohta on proksimaalisuunnan läheisyydessä, keuhkovaltimoläppärakenteet eivät kuvauksessa erottuneet.

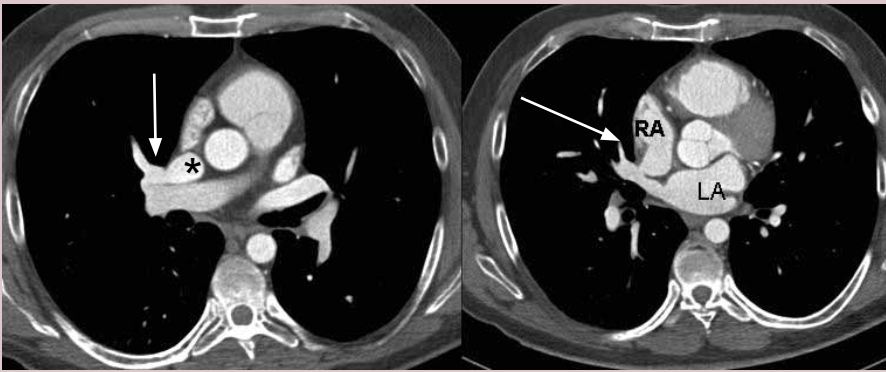
C–D. 3D-reformaateissa nähtävissä sama löydös ja myös molempien keuhkovaltimoiden päähaarojen distaalihaarojen avoimuus ja anatomia.

**Kuva 10.** Koronaarifisteli.

60-vuotiaalla miehellä epäilty angiografiatutkimuksessa koronaarifisteliä LAD:n b-osasta truncus pulmonaliseen. Tietokonetomografiassa nähdään ektattinen LM ja LAD, joka b-osastaan muuttuu sakulaariseksi laajaksi säkiksi truncus pulmonalisen anterioripuolelle ja fistelöi siihen (nuoli).







**Kuva 11.** Osittainen poikkeava keuhkolaskimopalu ja sinus venosus tyyppinen eteis-septumdefekti.

38-vuotias mies, jolla hypertensio, eteisvärinätaipumus, sydämen oikea puoli suuren-  
tunut, merkittävä oikovirtaus vasemmalta  
oikealle todettu värikäyrässä, mutta ruoka-  
torviultraäänessä aukkoa ei nähty. Poikke-  
van keuhkolaskimopaluun poissulkemiseksi  
tehtiin tietokonetomografia, jossa todettiin  
oikean ylälokkolaskimoiden osittainen lasku  
yläcavaan (\*) ja korkea sinus venosus tyypp-  
pinen defekti (nuolet).

kot (etenkin sinus venosus tyyppinen) ja jälkimmäiseen usein liittyvä osittain poikkeava keuhkolaskimopalu (kuva 11). Oikovirtaus voidaan todeta luotettavasti esimerkiksi värikäyrätutkimuksen avulla, mutta anatomian ja oikovirtauksen paikan tutkiminen tapahtuu yleensä sydämen ultraäänitutkimuksella etenkin sydämen sisäisissä oikovirtauksissa. Mikäli näkyvyys ei ole riittävä tai oikovirtauksen sijainti on sydämen ulkopuolella tai jää muutoin ultraäänitutkimuksessa epäselväksi on tietokonetomografiasta hyötyä oikovirtauksen paikantamiseksi. Oikean puolen katerisaatiolla saadaan lisätietoa poikkeavasta keuhkolaskimopaluusta ja oikovirtauksista, mutta se on invasiivinen toimenpide. Tietokonetomografian etuna magneettikuvaukseen on parempi paikkaresoluutio ja isotrooppisen vokselikoon ansiosta mahdollisuus tutkia pieniä suonirakenteita 3D-reformaatteja hyväksikäyttäen eri suunnista.

## Säderasitus

TT-tutkimuksen aiheuttama säderasitus tulee huomioida etenkin nuorilla potilailla. Uusimpia kuvausprotokollia käytettäessä sädeannos sydämen rakenteita tutkiessa on jopa alle 1.5 mSv. Prospektiivista tahdistusta käyttäen sädeannos on 1.0-5.0 mSv, retrospektiivisesti tahdistetussa tutkimuksessa sädeannos on korkeampi, 4.0-10.0 mSv. Sädeannosta voidaan pienentää kuvaus-  
aluetta rajaamalla ja EKG-tahdistuksella, jolloin kuvaus keskitetään sydämen vähiten liikeartefaktaa aiheuttavan vaiheen mukaan. Lisäksi eri laitevalmistajilla on omia sädeannosta pienentäviä protokollia ja rytmihäiriön esto-ohjelmistoja. Vertailuksi mainittakoon, että perinteisessä invasiivisessa sepelvaltimoiden varjoaine-

kuvauksessa sädeannos on noin 5 mSv, ja sydänperfuusion gammakuvauksessa noin 11 mSv.

## Jodivarjoaineen käyttö

Natiivitutkimuksessa on mahdollista määrittää karkeasti kalkkeumat sydämen, sepelvaltimoiden (Ca-score) ja aortan seinämissä, sydänpussin paksuus, nestekertymät ja kalkkeumat. On mahdollista, että keinoläppien kuvaukset onnistuvat myös pelkästään natiivitutkimuksena.

Laskimonsisäisen varjoaineen käyttö on kuitenkin oleellista useimmissa sydäntutkimuksissa. Jodivarjoainetta (keskimäärin pitoisuus 350 mmol/ml) käytetään tutkimuksen kysymyksenasettelun ja potilaan koon mukaan 80–120ml. Yksivaiheista varjoainebolusta käytetään sepelvaltimokuvausten lisäksi oikovirtauksen ja aortan sairauksien tutkimuksissa. Kaksivaiheinen varjoainebolus ja enemmän varjoainetta tarvitaan silloin, jos halutaan täyttää kuvaushetkellä molempiin puoliin sydäntä esim. kun halutaan määrittää molempien kammioiden volyymit tai tutkia samassa yhteydessä keuhkovaltimoita embolioiden poissulkemiseksi.

## Vasta-aiheet

Sydänkuvauksissa eteisvärinän ja runsaan lisälyöntisyyden lisäksi vasta-aiheita ovat kykenemättömyys pidentää hengitystä, jodiallergia, munuaisten merkittävä vajaatoiminta, raskaus tai huomattava lihavuus (BMI yli 40 tai TT-pöydän painoraja 180–220 kg kuvauslaitteesta riippuen).

Jodiyliherkkyyden vaikeusaste kannattaa punnita tapauskohtaisesti silloin, jos potilaalla on tarkkaan harkittu kuvausindikaatio. Yksilöidyssä tapauksissa voidaan antaa jodivarjoainetta kortisoni-, antihistamiini- ja H<sub>2</sub>-reseptorisalpaajasuojassa.

Jodivarjoaineen käyttö yleisesti katsotaan vasta-aiheiseksi, jos GFR on alle 30. Keskivaikeassa munuaisten vajaatoiminnassa (GFR on 30–60) hyvin perustelluissa tilanteissa kuvaus voidaan tehdä tapauskohtaisesti 20-30% alennetulla varjoainemäärällä ja huolehtimalla riittävästä suonensisäisestä nesteytyksestä ennen ja jälkeen tutkimuksen. Dialyysi tarvitaan, jos munuaisten toiminta on jo laskenut tasolle, jossa dialyysi on muutenkin aiheellinen. Hemodialyysipotilaat dialysoidaan samana päivänä tutkimuksen jälkeen.

## Lopuksi

Sydämen EKG-tahdistettu tietokonetomografia on hyvä tutkimusmenetelmä kardiologille tilanteissa, jossa sydämen ultraääni on riittämätön ja magneettikuvaus vasta-aiheinen tai antaa riittämättömän informaation. Yleisesti sitä voidaan hyödyntää tutkimusindikaatioissa, joissa halutaan tarkkaa anatomisten rakenteiden kuvantamista melko laajalta alueelta (esim. koko rintakehän alue). Tyypillisenä kuvauspotilaana on aikuinen synnynnäistä sydänvikaa sairastava henkilö, jolla on tahdistin ja halutaan määrittää mahdollista sydämen oikean puolen kasvamista ja verenkierron tilaa. Lisäksi tietokonetomografialla kuvataan aikuispotilaita, joilla on todettu merkittävä oikovirtaus, jonka sijainti on jäänyt muilla kuvantamismenetelmillä avoimeksi. Tällöin on myös mahdollista arvioida keuhkoparenkyymin tila samassa tutkimuksessa. Huomionarvoista on, että tietokonetomografialla ei voi tehdä virtausmittauksia. Lisäksi kokemuksemme mukaan tutkimuksessa löytyy magneettikuvausta useammin laajemman kuvausalueen vuoksi hoitopäätöksiin vaikuttavia sattumalöydöksiä kuvatulta alueelta, mm. keuhkotuumoreita, tulehdusmuutoksia, imusolmukesuurentumia, maksapesäkkeitä ja luustomuutoksia.

Tietokonetomografian paikkaresoluutio on tällä hetkellä magneettikuvausta selvästi parempi. Aikaresoluutio on nykyisillä 64-leikelaitteilla huonompi ja volyymien arviointi on näin ollen magneettikuvausta karkeampaa. Uusimmat kaksiennergialaitteet mahdollistavat potilaiden kuvantamisen myös rytmihäiriöiden aikana ja huomattavasti korkeammalla syketaajuudella liittyen laitteiden erinomaiseen, vähintäänkin puolet parempaan aikaresoluutioon ja

rytmihäiriönesto-ohjelmistojen jatkuvaan kehittymiseen.

Jotta potilaasta tulisi kuvattua kaikki oleellinen, korostuu hyvän lähetteen ja kliinikon ja kuvantajan yhteistyön merkitys. Moniammatillinen yhteistyö mahdollistaa tutkimusten korkean laadun ja tutkimusindikaatioiden mielekkään kehitystyön. ■

## Viitteet

1. Bouvier E ym. Diagnosis of aortic valvular stenosis by multislice cardiac computed tomography. *Eur Heart J* 2006; 27:3033-3038
2. Delgado V ym. transcatheter aortic valve implantation: role of multi-detector row computed tomography to evaluate prosthesis positioning and deployment in relation to valve function.
3. Haramati LB ym. MR imaging and CT of vascular anomalies in patients with congenital heart disease: significance in surgical planning. *Radiographics* 2002; 22:337-347.
4. Haramati LB. ym. Computed tomography of partial anomalous pulmonary venous connection in adults. *J Comput Assist Tomogr* 2003; 27:743-749.
5. Ho M-L ym. MDCT of partial anomalous pulmonary venous return (PAPVR) in adults. *J Thorac Imag.* 2009; 24:89-95.
6. Hoey ET ym. Cardiac causes of pulmonary arterial hypertension: assessment with multidetector CT. *Eur Radiol.* 2009; 19:2557-2568.
7. Juergens KU ym. Left ventricular function studied with MDCT. *Eur Radiol* 2006; 16: 342–357
8. Konen E ym. The role of ECG-gated MDCT in the evaluation of aortic and mitral mechanical valves: initial experience. *Am J Roentgenol* 2008; 191:26-31
9. LaBounty TM ym. Evaluation of mechanical heart valve size and function with ECG-gated 64-MDCT. *Am J Roentgenol* 2009; 193:W389–W396



10. Muller M ym. Evaluation of right ventricular with multidetector computed tomography: comparison with magnetic resonance imaging and analysis of inter- and intraobserver variability. *Eur Radiol* 2009; 19:278-289
11. Plumhans C ym. Assessment of global right ventricular function on 64-MDCT compared with MRI. *Am J Roentgenol* 2008; 190:1358-1361
12. Roberts WT ym. Cardiac CT and CT coronary angiography: technology and application. *Heart*. 2008; 94:781-92.
13. Schertler T ym. Visualization of congenital thoracic vascular anomalies using multi-detector row computed tomography and two- and three-dimensional post-processing. *Eur J Radiol*. 2007; 61:97–119.
14. Schroeder S ym. Cardiac computed tomography : indications, applications, limitations, and training requirements. *Eur Heart J*. 2008; 29 :531-556
15. van der Vleuten ym. Evaluation of global left ventricular function assessment by dual-source computed tomography compare with MRI. *Eur Radiol* 2009; 19:271-277.

*Helena Hänninen*  
*LT, kardiologian erikoislääkäri*  
*HUS Kardiologian klinikka*  
*Sydäntutkimusosasto*

*Miia Holmström*  
*LT, radiologian erikoislääkäri*  
*HUS-Röntgen*

*Sari Kivistö*  
*LT, vs. osastonylilääkäri*  
*HUS-Röntgen*