

# Kaikukuvaus sepelvaltimotaudin diagnostiikassa

VESA JÄRVINEN

HELI RÄTY

MATTI LUOTOLAHTI

MARKKU SARASTE

ANTTI LOIMAALA

## Johdanto

Kaikukuvaus on keskeinen työkalu sepelvaltimotaudin diagnostiikassa, sen vaikeusasteen määrittämisessä, hoitovasteen ja toimintahäiriön kehittymisen seurannassa sekä sen komplikaatioiden hakemisessa. Vasemman kammion normaali koko ja muoto sekä normaali systolinen ja diastolinen toiminta ovat suotuisia löydöksiä. Keskeinen työkalu on huolellinen rintakehän päältä tehtävä (transtorakaalinen) 2-ulotteinen kaikuvaus. Silmämääräistä arviota voi täydentää eri tekniikoin tehdyillä paikallista ja globaalia toimintaa mittaavilla seinämälilkeanalyysillä sekä globaalia toimintaa edustavilla virtausmittauksilla. Sydämen rakenteen ja toiminnan tutkimusta levossa voi täydentää rasiustutkimuksella ahtauttavan sepelvaltimotaudin toteamiseksi. Ideaalitulanteessa haluaisimme nähdä sepelvaltimovirtaukset, määrittää pääsuonten virtausreservin, nähdä kehittyvän myokardi-iskemian aiheuttaman paikallisen

ja globaalin diastolisen ja systolisen sydänlihaksen toimintahäiriön, sekä näistä aiheutuvat hemodynaamiset muutokset sekä näiden palautumisen keston provokaatioiden jälkeen. Näin näkisimme mahdollisen sepelvaltimoinsuffiensienssin olemassaolon, sen vaikeusasteen, voisimme paikantaa suoniahtaumat ja arvioida niiden toiminnallisen merkityksen. Näkyvyys ei aina ole riittävä kaikkiin vasemman kammion osiin. Eri projektioita hyödyntämällä päästään yleensä kuitenkin riittävästi näkemään kaikki segmentit. Tarvittaessa voidaan tutkimusta täydentää ruokatorvikaikukuvauksella tai jatkaa tutkimusta kontrastitehosteisesti, vasemman kammion veritila saadaan näin hyvin näkymään.

## Lepokuvaus

### Silmämääräinen tarkastelu

Levossa tutkitaan vasen kammio sekä parasternaalisesta että apikaalisuunnasta. Aluksi muodostetaan yleiskuva sydäimestä, kiinnitetään huomiota kaikkien lokeroiden kokoon, muotoon ja havainnoidaan mahdollisia toimintahäiriöitä. Tämän jälkeen keskitytään vasempaan kammioon. Pyritään näkemään jokainen 17 segmentistä mielellään kahdesta eri suunnasta. Tärkeätä on opetella saamaan esiin mahdollisimman hyvät, kohtisuorat projektiot, joista koko lihaspaksuus näkyy mahdollisimman hyvin. Parasternaalisesti tarvitaan pitkän akselin leike, 3–4 lyhyen akselin leikettä (vasemman kammion kärki on tärkeä nähdä hyvin tästäkin suunnasta) ja apikaalisuunnasta 2-, 3-, ja 4-kammio kuvat. Tärkeätä on oppia paikantamaan todellinen vasemman kammion kärki, pitkän akselin projektiot eivät saa olla lyhentyneitä. Epäilyttäviä alueita katsellaan perusprojektioiden lisäksi kaikista niistä suunnista, mistä lihakseen näkyvyys saadaan. Jokaisesta pro-

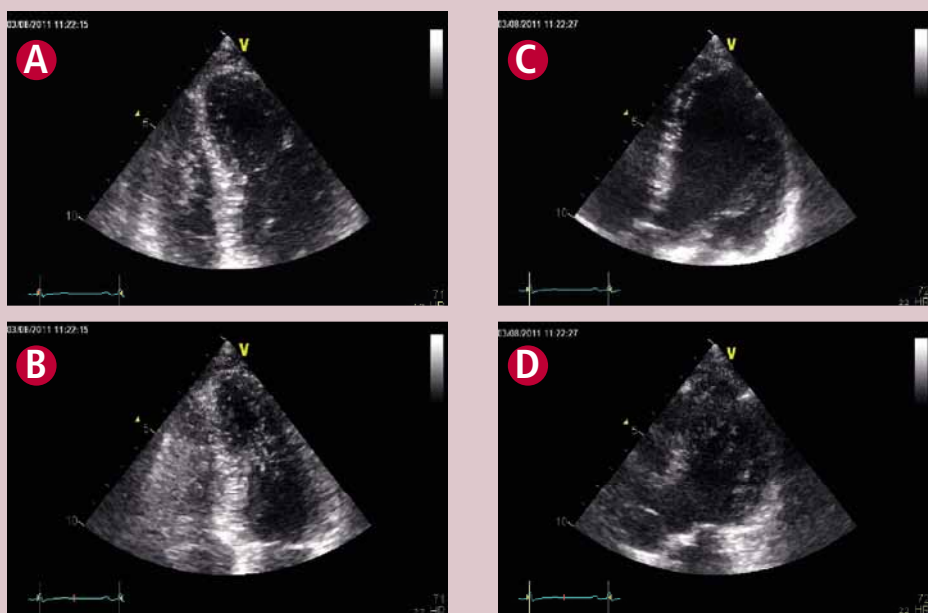


jektioista taltioidaan kuvasarja, vähintään yksi R-R väli, mielellään useampi, käytettävissä olevan tallennuskapasiteetin mukaan. Silmämääräisesti keskitytään hakemaan jokaisen segmentin systolinen paksuneminen. Seinämäliike luokitellaan neliportaisella asteikolla. (1) Normokinesia tai hyperkinesia: normaali tai hyperkiineettinen endokardiumin kammion onteloon suuntautuva liike ja seinämän paksuuntuminen systolessa. (2) Hypokinesia: vähentynyt liike ja seinämän paksuuntuminen. (3) Akinesia: puuttuva liike ja paksuneminen. (4) Dyskinesia: poikkeava ulospäin suuntautuva endokardiumin liike ja seinämän oheneminen. Jotta nontransmuraalinen vaurio näkyisi levossa tehdyssä tutkimuksessa seinämäliikehäiriönä täytyy vaurioalueen yleensä olla paksuudeltaan ainakin kolmannes seinämän paksuudesta. Jos seinämä on selvästi ohentunut, paksuus alle 6 mm, eikä siinä näy paksunemista, on se yleensä transmuraalisesti infarktoitunut. Lyhyen akselin suuntaisen liikkeen lisäksi sydänlihaksessa tapahtuu lyhenemistä (longitudinaalinen, pitkän akselin funktio), kehäsuuntaista (circumferentiaali) supistumista sekä kiertymistä (torsio ja twist). Systolisen toiminnan lisäksi kiinnitetään huomiota supistumisen ajoitukseen eriaikaisuuden eli dyssynkronian toteamiseksi ja mahdollisen postsystolisen supistumisen toteamiseen, mikä voi aiheutua sydänlihaskemiasta. Huomiota pitää kiinnittää todellisen kärjen näkemiseen ja arvioon (kuvat 1a ja verkkoliite 1b ja 1c), samoin basaalinen posteriorinen alue (kuvat 2a, b ja 3a ja verkkoliite 2c, 3b) on syytä katsoa erityisen huolellisesti. Terveen sydämen kärki on kapea, goottilaisen kaa-

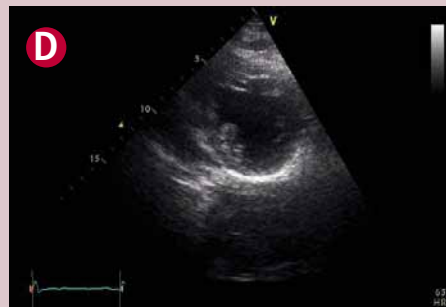
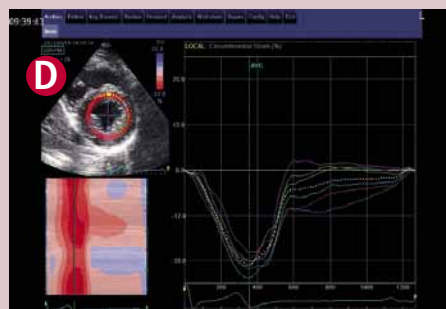
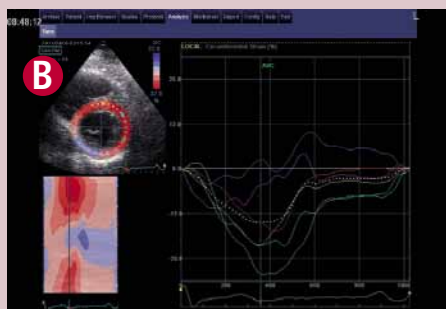
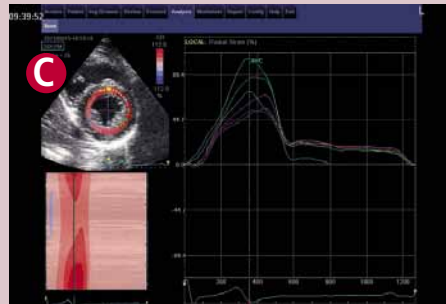
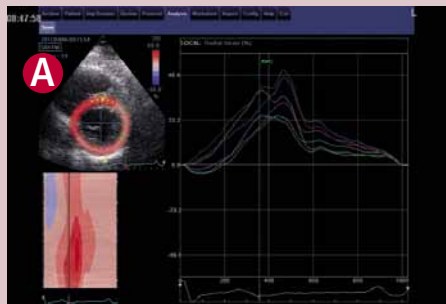
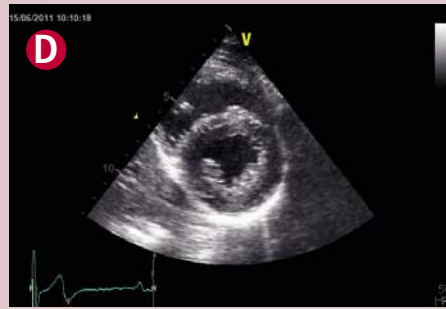
ren mukainen, paikallaan pysyvä ja selvästi ympäröivää myokardiumia ohuempi lihaseinältäään (kuva 1 ja verkkoliite 1b, c).

Keuhkolaskimovirtauksesta, mitraalivirtauksesta sekä relaksaation aiheuttaman mitraalivirtausnopeuden ja vastaavan kudoksenopeuden suhteesta voidaan vetää johtopäätöksiä mahdollisesta vasemman eteisen paineen noususta, joka viittaa vasemman kammion diastoliseen toimintahäiriöön, jonka tavallisia syitä ovat sepelvaltimotauti, hypertonia ja diabetes.

Mahdolliset sairastetun sydäninfarktin komplikaatiot tarkastellaan huolellisesti. Sydänlihas voi revetä ja seinämästä ja suunnasta riippuen verta voi päästä sydänpussiin tai kammioväliseinäaukon kautta vasemmasta kammioista oikeaan tai sitten muodostuu pseudoaneurysma. Papillaarilihas voi revetä ja aiheuttaa vaikeasti hemodynaamisesti kuormittavan mitraalivuodon. Aneurysma syntyy jos kammion seinämäraakenne häiriintyy siinä määrin, että ohentunut mutta edelleen ehjä lihaskerros lähtee paikallisesti antamaan paineelle periksi, pullistumaan. Muraalinen trombi voi syntyä vaurioituneelle alueelle, varsinkin jos vaurioon liittyy aneurysma. Tyypinpaikka on vasemman kammion kärki ja siksi infarktipotilaan kaikukuvauksessa on tärkeää paikantaa ja tutkia todellinen kärki huolellisesti. Trombin kiinnittyminen, koko, muoto ja muovautuvuus kertovat embolisaatoriskin suuruudesta. Vasemman kammion sisällä nähtävä virtauksen kaikuisuus kertoo hidastuneesta kammion sisäisestä virtauksesta ja on yhteydessä lisääntyneeseen trombitaation pumukseen.



**Kuva 1a**, vasemman kammion kärjen kuvaaminen. Todellinen kärki pysyy yleensä paikallaan, on kapea muodoltaan ja seinämäpaksuudeltaan muuta seinämää ohuempi. Todellinen kärki kärjen suhteen optimoitussa nelikammiokuvasa **A**, loppudiasstole, **B**, loppusystole. Sama potilas, kuvattu kärjen vierestä, **C**, loppudiasstole, **D**, loppusystole. Huomaa vaikutelma kärjen pyöristymisestä.



**Kuva 2 a.** Kehäsuuntainen toiminta, lyhyen akselin kuvat. Posterobasaalisella alueella seinämäpaksuneminen ei ole selvästi vähentynyt, mutta kehäsuuntainen toiminta on huomattavan huono. Kuva A, loppudiastole, kuva B, loppusystole. Oikealla vieressä terveen tutkittavan vastaavat kuvat (C ja D).

**Kuva 2b.** Kehäsuuntainen toiminta, lyhyen akselin kuvat, säteen- ja kehäsuuntainen 2D-speckletracking strainanalyysi. Posterobasaalisella alueella seinämäpaksuneminen ei ole selvästi vähentynyt, mutta kehäsuuntainen toiminta on huomattavan huono. Kuva A, säteensuuntainen strain, Kuva B, kehäsuuntainen strain, huomaa violetti ja sininen alue ja käyrä. Vieressä terveen tutkittavan vastaava analyysi (C ja D).

**Kuva 3 a.** Basaalinen posteroseptaalinen liikehäiriö. Pitkän akselin kuvat A, loppudiastole, B loppusystole. Lyhyen akselin kuvat C loppudiastole ja D loppusystole.



## Kvantitaatio

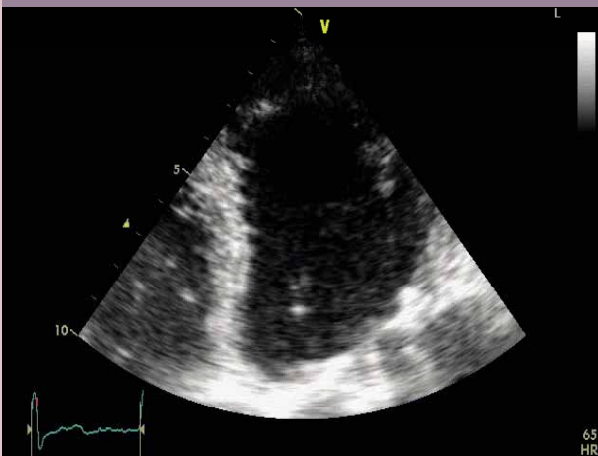
Seinämäliikehäiriöiden tulkinta vaatii kokemusta, eikä se ole aina helppoa eikä toistettavaa silmämääräisesti tehtynä. Sekä lyhyen että pitkän akselin toimintaa voidaan kvantitoida yksinkertaisimmillaan M-kuvauksella, jossa kiintopisteiden liikettä voidaan seurata ajan funktiona. Vasemman kammion basaalisasta mitataan fractional shortening (FS) loppudistolisen kammion sisämitan ja loppusystolisen mitan erotuksen suhteen loppudistoliseen mittaan. Apikaalisuunnasta voidaan mitata pitkän akselin funktiota määrittämällä mitraaliannuluksen liikelaajuus tai global strain (GS). GS voidaan määrittää 2D kuvista suoraan mittaamalla vasemman kammion pituus loppudiaστοleissa ja loppusystoleissa ja suhteuttamalla näiden erotus kammion loppudistoliseen pituusmittaan tai sitten käyttämällä hahmontunnistustekniikkaa (2 D speckle tracking) (kuvat 2b ja 4). Kehitteillä on kvantitatiivisia menetelmiä analysoida alueellisia seinämäliikkeitä menetelmän herkkyyden ja toistettavuuden parantamiseksi. Kudos-Doppler tuli ensimmäisenä käyttöön 1990-luvulla, sittemmin 2-D ja nyt myös 4-D hahmontunnistusohjelmat. Näillä päästään analysoimaan paikallista, yksittäisten segmenttien toimintaa. Eri suunnista voidaan tutkia nopeusgradientteja, kiintopisteiden liikelaajuuksia (tissue tracking), lyhenemisuuksia (strain) (kuva 5), sekä lyhenemisnopeutta (strain rate) ja myös näiden ilmiöiden mahdollisia ajoituseroja (dys-

synkronia) (kuva 6). Ongelmana on se, että toistaiseksi yleensä analysoidaan vain yhden suunnan funktiota kerrallaan, jolloin herkkyys jää toivottua huonommaksi. Lisäksi käyrät ovat usein varsin häiriöisiä. Samoin nontransmuraalinen toimintahäiriöalue ei aina erotu. Joskus käy niin, että silmin nähty selvältä vaikuttava löydös ei aina tule esiin kvantitatiivisellä menetelmällä, joten kvantitatiiviset menetelmät eivät vielä korvaa harjaantuneen tutkijan silmän havaintokykyä. Tuloiltaan olevalla 4D tekniikalla voidaan laitteistosta riippuen mitata vasemman ja oikean kammion verivolyymien tilavuusaikakuvaaja tai sitten kammiolihasta seuraten määrittää sydänlihaksen liikkeet parhaimmillaan kolmeen suuntaan ja näistä laskea myös halutut segmenttaaliset toiminnalliset indeksit (suurin systolinen säteen suuntainen-, pitkän akselin- tai kehän suuntainen strain, alueellinen pinta-alamuutos ym). Toiveena on saada 4-ulotteinen käsitys sekä systolisesta että diastolisesta toiminnasta, sekä globaalista että paikallisesta. Löydökset saadaan esiin 3-ulotteisina lankamalleina ja myös häränsilmäkuvana, jossa halutut suureet esitetään tasoon projisoituna, jolloin alueellinen toimintahäiriö saadaan havainnollisesti esiin. 4D tekniikoita on sovellettu myös provokaatioiden yhteydessä.

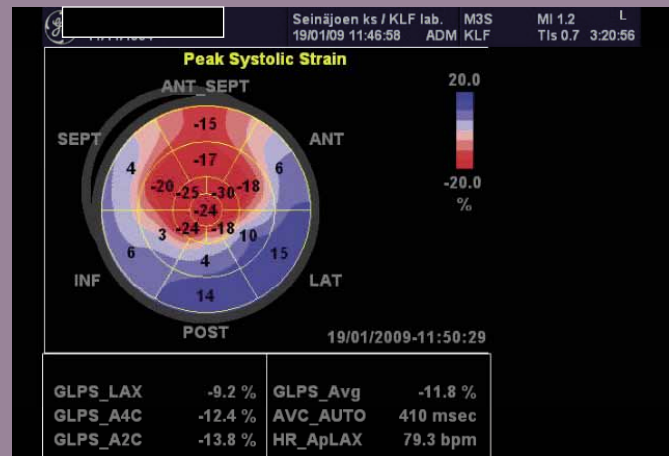
## Sepelvaltimot

Tavoitteena on nähdä sepelvaltimoiden päärungot ostiumeista suonten periferiaan. Käytännössä seinämien

77v mies, 1-S CABG, ei sairastettua sydäninfarktia, mitraalikeinoläppä, rasituksen sieto alentunut. Mikä on LV funktio?

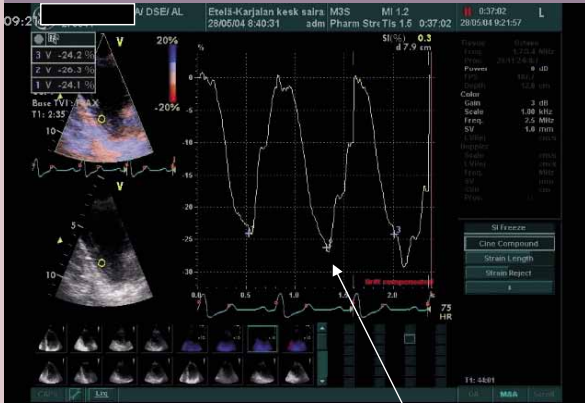


Lepo 4-lokerokuva (ei cine-kuvaa).



LV - Speckle tracking:  
Vain kammion kärki ja etuseinä normaali (punainen),  
muualla alentunut supistuvuus (sininen).

Epätuypillinen rintakipu, riskitekijöinä HA+, DM+, iskemiaa?  
Dobutaamiini



Levossa normaali systolinen strain (-25 %) inferiorisesti



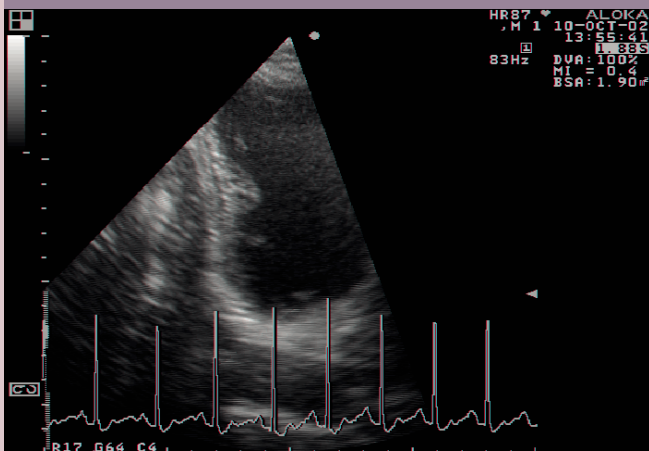
Ailentunut strain (5%) j PST  $\approx$  iskemia



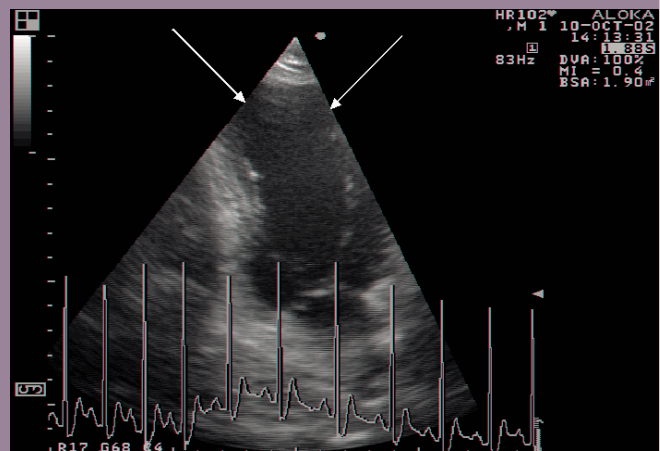
Normaali supistelu anteriorisesti, ei pst:a

Kuva 5.

Potilaalla hypertonia, rasituksessa nyrintakipua.  
PP-UKG



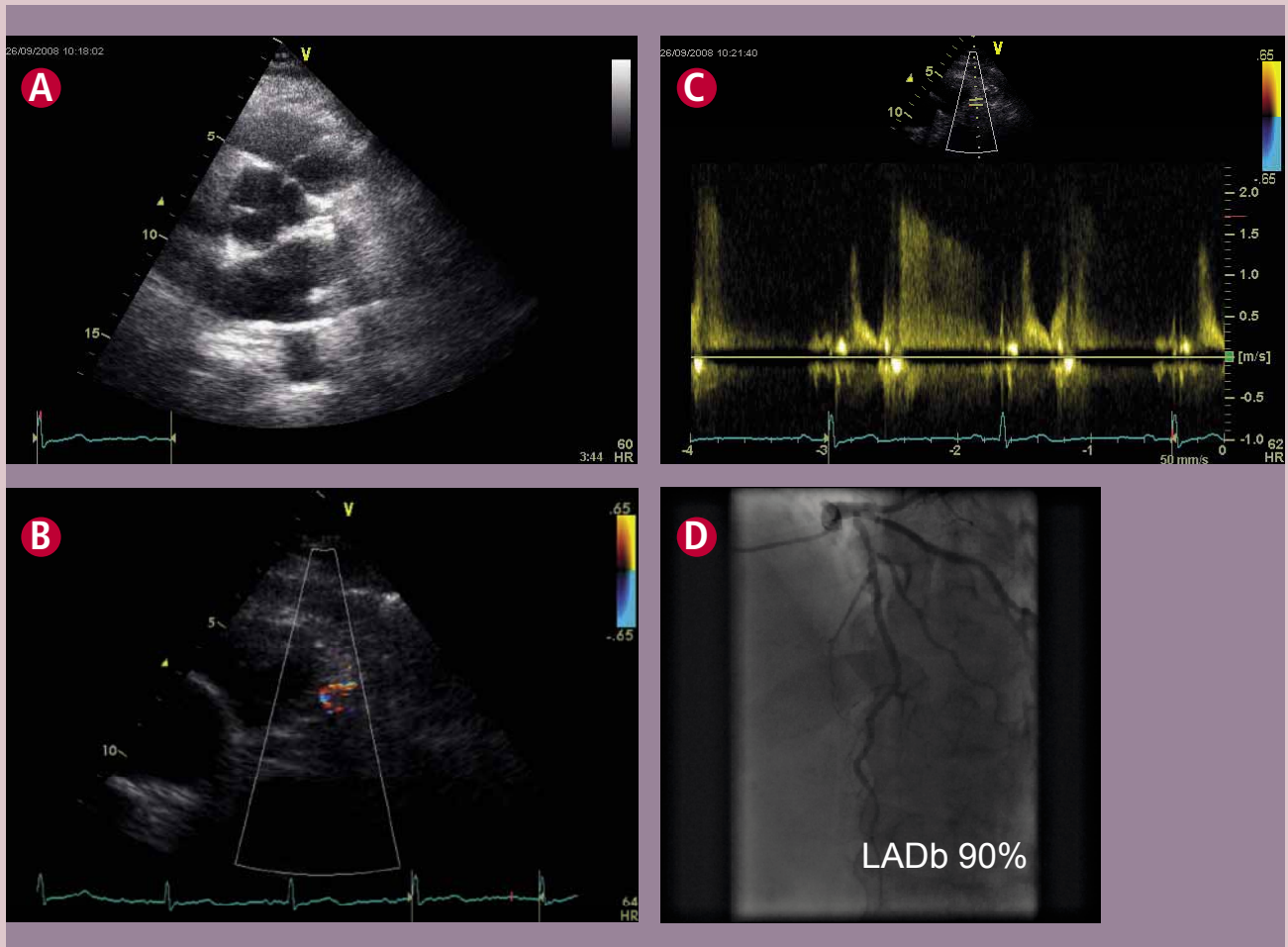
Levossa normaali supistelu (2C).



Rasituksen jälkeen kammion kärki pyöristyy, apikaalisegmentit ovat hypo-akineettiset sopien iskemiaan.

Kuva 6.





**Kuva 7.** Sepelvaltimoahtauksen toteaminen ultraäänimenetelmällä. Vasemman sepelvaltimon eteen laskevan haaran paikantaminen, kuva A. Virtauksen havainnointi väri-Dopplerilla, kuva B. Virtausnopeuden määrittäminen kiihtyneen virtauksen kohdalta pulssi-Dopplerilla, kuva C. Angiografiakuva.

tarkastelu ei vielä nykylaitteilla onnistu riittävällä tarkkuudella. Sepelvaltimovirtauksia päästään kuitenkin usein näkemään. Väri-Dopplerilla paikannetaan suoni, haetaan mahdollinen virtauksen kiihtymispaikka ja pulssi-Dopplerilla mitataan nämä virtaukset. Normaaliksi, matalanopeuksinen systo-diastolinen periferiaan vievä virtaus nähdään parhaiten vasemman sepelvaltimon eteenlaskevasta haarasta, päärunkovirtauksen näkeminen on hieman vaikeampaa, samoin kiertävän haaran ja oikean sepelvaltimon virtauksien hakeminen. Suonen ahtauksessa virtaus paikallisesti kiihtyy, nopeudet ylittävät 0,5–1 m/s ja saattavat olla jopa 2 m/s (kuvat 7a, b, myös verkkoliite). Yleensä kaikkia sepelvaltimoita ei kliinisessä toiminnassa nähdä niin kattavasti, että stenoosit voitaisiin poissulkea.

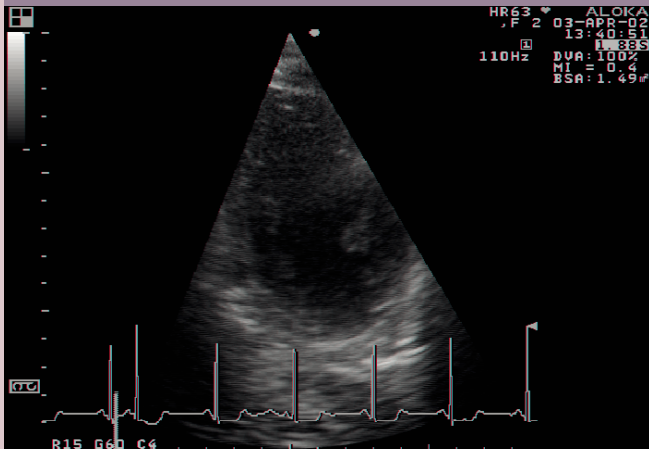
Jos näkyvyys transtorakalisesti ei ole riittävä sepelvaltimovirtauksen arviointiin, voidaan tutkimusta täydentää ruokatorviultraäänitutkimuksella. Sillä on mahdollista nähdä vasemman sepelvaltimon päärunko ja eteenlaskevan haaran alku parin senttimetrin matkalta

lähes joka potilaalta. Kiertävä haara näkyy alkuosastaan sen kulkiessa vasemman eteiskorvakkeen alla. Oikean sepelvaltimon visualisointi on vaikeampaa. Sen aivan alkuosa on nähtävissä useimmilla potilailla.

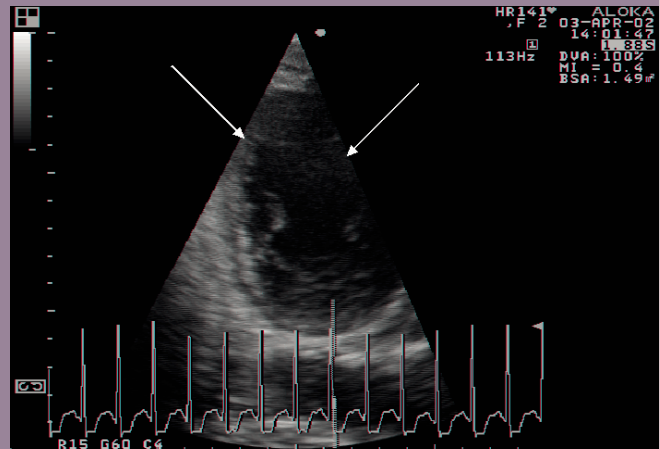
#### Tutkimus kivun yhteydessä:

Akuutin sepelvaltimokohtauksen yhteydessä on mahdollista nähdä myokardi-iskemiaan liittyvät seinämäliikehäiriöt, iskeemisen alueen paikallinen hypokinesia, usein myös postsystolinen supistus. Jos päästään näkemään samalla suonittavan suonen stenoosiin liittyvä kiihtynyt virtausnopeus sepelvaltimossa paranee löydöksen spesifisyys. Tavoitteena on nopeuttaa rintakivun erotusdiagnostiikkaa, iskeemisen seinämäliikehäiriön puuttuessa kasvaa muiden syiden todennäköisyys. Samalla on tärkeä katsoa myös muihin rintakipua aiheuttaviin sairauksiin liittyvät löydökset, perikardineste, aortta, lisääntynyt keuhkoverenkierron vastus oikean puolen kuormituksineen ja mahdollinen myokardiittiin liittyvä sydänlihaksen ödeemi.

79-v nainen, ohitusleikkaus tehty ½ vuotta siten ja nyt rintakipu uusiutuu. Potilaalla on lisäksi reuma, colitis ulcerosa, astma jahypotyreoosi. Lievä aortta- ja mitraalivuoto todettu. Dobutamiinirasitus.



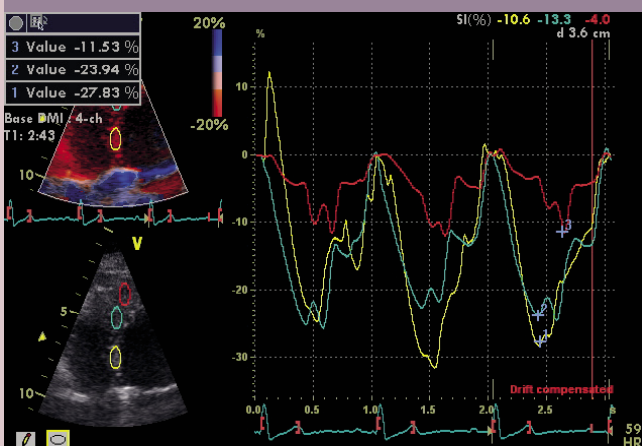
Levossa normaali supistelu (2C).



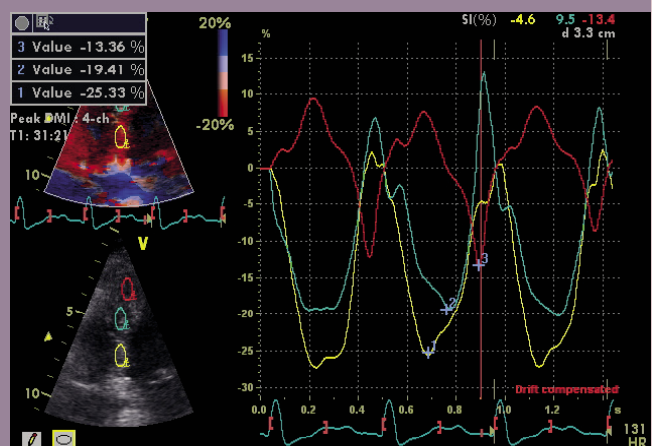
Rasituksessa todetaan laaja-alainen hypo-akinesia etu- ja alaseinässä, kammio pyöristyy. Kohtalainen rintakipu.

Kuva 8.

Potilaalla on tyypin 2 DM, rintakipuarasituksessa. Dobutamiini-UKG



Levossa supistuvuus (Strain, %) on lievästi alentunut apikaalisesti (punainen käyrä), mediaali- ja basaalisegmentissä normaalirajoissa; kolmen RR-välin ROI-käyrät.



Rasituksessa apikaalisen segmentin systolinen supistuminen tulee vasta diastolen lopussa = iskemia ja systolen alussa segmentin venytyminen. Muualla normaali löydös.

Kuva 9.

## Rasituskaikukuvaus

Rasituskaikukuvaus (R-UKG) aloitettiin jo 1970-luvulla vertaamalla heti rasituksen jälkeistä vasemman kammion toimintaa levossa nähtyyn (kuvat 8–9). Mah-

dollisuus taltioida elävän kuvan leikkeet kuvamuistiin ja mahdollisuus eri vaiheiden rinnakkain vertailuun auttaa löydöksen arvioinnissa (kuvat 8–9). Rasituskaikukuvaus on mahdollista todeta sydänlihaskemia, paikantaa iskeeminen alue, todeta iskemi-



an laajuus ja erottaa elävä sydänlihas arpikudoksesta. Normaalin sydänlihaskudoksen seinämäliike on rasi-  
tuksessa normaali tai hyperkineettinen. Palautuva is-  
kemia aiheuttaa levossa normaalin seinämäliikkeen  
muuttumisen rasiuksessa hypokineettiseksi, akineet-  
tiseksi tai dyskineettiseksi. Transmuraalinen arpi on le-  
vossa akineettinen tai dyskineettinen eikä seinämäliike  
parane rasiuksessa. Elinkykyinen sydänlihas voi olla  
hypokineettista, akineettista tai dyskineettistä levos-  
sa, mutta rasiutus saa aikaan seinämäliikkeen paranemi-  
sen. Iskeemisen, mutta elinkykyinen, ns. hibernoivan  
sydänlihaksen seinämäliike paranee kevyessä rasiut-  
uksessa, mutta huononee rasiuksen jatkuessa. Rasiutus-  
kaikukuvauksen tulos on positiivinen jos yhdenkin sy-  
dänlihassegmentin supistuvuus huononee rasiuksessa.

Kaikukuvauslöydöksen lisääminen rasiutus-EKG:n  
löydöksiin tarkentaa ahtauttavan sepelvaltimotaudin  
diagnoosiikkaa: positiivinen ennustearvo paranee, is-  
kemia paikantuu ja toisaalta iskeeminen sydänsairaus  
voidaan useimmiten poissulkea vaikka EKG-muutoksia  
kehittyisikin. R-UKG on erityisen hyödyllinen silloin  
kun potilaalla on lepo-EKG muutoksia, jotka haitta-  
vat iskemian tulkintaa (LBBB, LVH-strain muutoksien,  
WPW jne.) diabeetikoilla, angioplastian ja ohitusleik-  
kauksen jälkeen ja lisäksi naisilla. Kun fyysinen kuor-  
mituskoe ei onnistu voidaan r-UKG suorittaa myös  
farmakologista rasiutusta käyttäen. Sekä tutkimusnäyt-  
tö r-UKG:n käytöstä että sen osuvuus ahtauttavan se-  
pelvaltimotaudin diagnoosiikassa on samaa tasoa kuin  
sydänlihasperfuusiotutkimuksen, mutta r-UKG on  
haasteellinen tutkimus, jonka hallitseminen edellyttää  
kirjallisuuden mukaan vähintään 100 ohjattua tutki-  
muksen tekemistä riittävän taidon saavuttamiseksi.

Mahdollisten seinämäliikehäiriöiden kehittymisen  
lisäksi tarjoutuu r-UKG-tutkimuksessa tilaisuus mo-  
nipuoliseen hemodynaamiseen seurantaan tutkimuk-  
sen eri vaiheissa. Kylkimakuun jälkeen tutkimus uu-  
sitaan potilaan istuessa pyörällä, pre-load on tuolloin  
alentunut. Rasiuksen aikana voidaan seinämäliikkei-  
den lisäksi kysymyksen asettelusta riippuen tarkastel-  
la iskutilavuutta mittaamalla aorttavirtauksen nope-  
us-aikaintegraali, mahdolliset dynaamiset obstruktiot  
vasemmassa ja oikeassa kammiossa sekä mahdollinen  
nopeusgradientti ulosvirtausalueilla tai valtimoläpis-  
sä. Voidaan myös arvioida vasemman eteisen paineen  
kehitystä seuraamalla E/E' suhteen kehitystä. Yleensä  
tämä onnistuu kun syke on <120/min, jonka jälkeen di-  
astolen keston lyhenemisestä johtuen alkudiaastolisia ja  
loppudiaastolisia liikenopeuksia ei voi erottaa toisistaan.  
Jos trikuspidaaliläpässä on selvää vuotoa voidaan vuo-  
togradientin suuruutta seuraamalla monitoroida pul-  
monaalipaineen kehittymistä. Samoin mitraalivuodon

käyttäytymisestä saadaan käsitys. Lievän dyssynkroni-  
an aiheuttama vuoto voi rasiuksen myötä poistua kun-  
taas iskeeminen vuoto voi ilmestyä ja paheta.

### Rasiutusmuodon valinta

Ergometrilla tehdyssä tutkimuksessa saadaan kaikuku-  
vauslöydösten lisäksi kerralla kaikki kuormituskokees-  
ta saatava tieto, joiden arvosta ja tulkinnasta on kym-  
menien vuosien kliininen kokemus. Ongelmana tässä  
2-vaiheisessa, levossa ja heti rasiuksen jälkeen tehtä-  
vässä tutkimuksessa on se, että pyörältä tai rullama-  
tolta tutkimusvuoteelle siirtyminen vie jonkin verran  
aikaa ja lievät muutokset ovat voineet korjautua jo en-  
nen jälkikuvauksen alkamista. Lähinnä yhden suonen  
tauti saattaa näin jäädä diagnosoimatta. Jo varhain on  
mittauksia tehty myös rasiuksen aikana, jugulumista  
on katsottu nousevan aortan virtausta ja nähty iskutila-  
vuuden muutokset. 2-D kuvauksia seinämäliikehäiriön  
toteamiseksi on tehty polkupyöräergometria polkevalta  
tutkittavalta. Markkinoilla on myös r-UKG tutkimus-  
ta varten tehtyjä ergometreja, joissa poljetaan puoli-  
istuvassa asennossa ylävartalo tuettuna, mikä helpot-  
taa rasiuksen aikaista kuvausta. Jos epäillään sydämen  
vajaatoimintaa on usein antoisaa tehdä rasiutusosuus  
spiroergometriana, jolloin hengityskaasumittauksista  
päästään lisäksi tarkkailemaan iskutilavuutta, minuut-  
titilavuutta sekä ventilaatio/perfuusiosuhdetta kuvaavia  
muuttujia.

Dobutamiini on sympatomimeetti, jolla voidaan  
kuormittaa sydäntä inotrooppisesti ja kronotrooppi-  
sesti nousevin annoksin. Avoimen suonen takana ole-  
vassa terveessä segmentissä kontraktiiteetti lisääntyy.  
Sydämen työ ja hapenkulutus lisääntyvät ja mahdolli-  
nen koronaari-insuffiensi tuo esiin seinämäliikehäi-  
riön. Hyperkontraktiiteettiin saattaa liittyä kammi-  
on sisäistä dynaamista obstruktiota, tämän syynä on  
osittain epäfysiologinen esikuorman kasvun rajoittu-  
minen, mutta myös pienten suonten taudilla voi olla  
osuutensa. Vasodilaattoreilla (dipyridamoli) saadaan  
esiin perfuusioepäsuhta terveemmän dilatoituneen  
suonen viedessä tarjolla olevasta koronaarivirtaukses-  
ta kasvavan osuuden ja stenoosin takana olevan seg-  
mentin jäädessä tarvetta vähemmälle ja täten tuoden  
esiin supistumishäiriön. Atropiinilla voidaan vahvis-  
taa dipyridamolien ja dobutamiinin vaikutusta jos is-  
kemialöydöstä ei ole tullut esiin tai maksimisyketasoa  
ei ole saavutettu. Virtausreservä on tutkittu mitta-  
amalla suonen periferiasta virtausnopeus ja toistamal-  
la mittaus vasodilaattorin, yleensä adenosiniin annon  
jälkeen. Jos suoni on ahtautumaton ostiumista mitta-  
pisteeseen, kasvaa virtausnopeus selvästi, yleensä vä-  
hintään 2,5-kertaiseksi.



Potilaalla on COPD, näkyvyys vain kohtalainen, AP-oire.  
Dobutamiini-UKG varjoainetehosteella.



Lepo 4C.



20 µg/kg/min 4C.



40 µg/kg/min 4C.

Kuva 10.

Farmakologisella rasituksella saavutetaan tiettyjä etuja fyysisessä kuormituksessa tehtyyn tutkimukseen verrattuna. Potilaan asento saadaan säilytettyä kuvaukselle optimaalisena, sydäntä voidaan tutkia esteettä kaikilla rasitusportilla, korostuneen hengityksen tuoma haitta on vähäisempää ja vasodilaattorilla tehdyn provokaation yhteydessä voidaan arvioida myös sepelvaltimoiden virtausreserviä. Viabiliteettiselvitys farmakologisella provokaatiolla ergometriaa helpompi toteuttaa, samoin läppästenosien vaikeusasteen arviointi sydämen vajaatoiminnan yhteydessä.

#### Kontrasti-UKG, LVO

Verenkierrossa pysyviä transpulmonaalisia kontrastiaaineita on käytetty tehostamaan kaikukuvaussignaalia. Kontrastiaaineet perustuvat pienen lipidiseinäisen pallon, läpimitta keskimäärin 2,5 µm (Sonovue) ja 3–4,5 µm (Optison), sisältämän kaasun antamaan voimakkaaseen kaikuun harmonisilla taajuuksilla. Kammion veritilan rajaaminen onnistuu näitä käyttäen hyvin, sa-

malla nähdään mahdolliset muraaliset tromboosit. Tehosteainetta tulisi käyttää, jos näkyvyys ei muuten riitä luotettavaan tutkimukseen (ainakin kaksi segmenttiä kuvautuu huonosti). Erityisesti lihavuus ja emfyseema tuovat usein mukanaan näkyvyyden huononemisen siinä määrin, että tehosteaineen käyttö on suotavaa, käytännössä n. 10–15 % tutkimuksista (kuva 10). Myös terveen myokardiumin signaali voimistuu, tehosteaine kulkee verenkierron mukana hiussuoniin ja tämä täyttö assosioituu sydänlihasperfuusioon. Kaikupulssilla kuplat voidaan tuhota ja seurata myokardiumin uudelleen tehostumista. Eri seinämiä vertaamalla päästään käsitykseen mahdollisesta hypoperfuusiosta. Ennen tehosteaineen käyttöä on syytä huolellisesti selvittää, ettei potilaalla ole sairaudesta johtuvia vasta-aiheita aineen käytölle.

#### Erityistilanteet:

Vasen haarakatkos aiheuttaa vasemman kammion lateraaliseinän myöhästyneen aktivaation. Septumin su-



## TAULUKKO 1.

### Transtorakaalisen kaikukuvauksen indikaatiot rintakipupotilaalla:

#### Lepotutkimus

- Kliininen epäily sydämen vajaatoiminnasta
- Poikkeava EKG
- Poikkeava thorax-rtg -löydös
- Epäily läppäviasta

#### Rasituskaikukuvaus

- EKG muutokset, jotka estävät rasitus-EKG:n iskemiadiagnostiikan
- Naisen epäselvä rintakipu, epäselvä rasitus-EKG-löydös
- Epäily iskemisestä mitraalivuodosta
- Halu selvittää tietyn suonitusalueen toiminta
- Re-stenoosin arviointi
- Dynaamisen obstruktion diagnoosi
- Halu monitoroida hemodynamiikkaa rasituksen aikana

#### Farmakologinen rasitus

- Transtorakaalinen näkyvyys huono
- Ei pysty polkemaan pyörää
- Dynaaminen rasitus aiheuttaa LBBB:n tai rytmihäiriötä
- Angiografiassa todetun ahtauman hemodynaamisen merkityksen arviointi
- Viabiliteettiselvitykset

pistuminen ja liike voi olla monivaiheista. Pre-ejektiovaiheessa voidaan nähdä lyhytkestoinen aktiivinen supistuminen (septal beak tai flash, riippuen tarkastelumetodista ja suunnasta), tätä seuraa ejektiovaiheen apikaalisuuntainen liike, joka on osalla aktiivista supistumista, osalla passiivista venymistä, tässä voi olla lateraaliseinän supistumisen vaikutuksen lisäksi myötävaikuttamassa kammioiden välinen interaktio. Tämän lisäksi voidaan nähdä vielä myöhempi apikaalisuuntainen liike, jos se on prominentti puhutaan post-systolisesta supistumisesta. Dyssynkronia septumin ja lateraaliseinän supistumisessa alentaa vasemman kammion paineenkehityskykyä. Sinänsä pelkkä haarakatkos ei aiheuta paksunemishäiriötä vaikkakin on osoitettu, että vasemman kammion strain on epätasaisesti jakaantunut haarakatkospotilailla. Rasituskaikukuvaus on kohtalaisen spesifinen ja melko sensitiivinen tapa selvittää mahdollista sydänlihaskemiaa haarakatkospotilaalla. Huolellinen strain analyysi saattaa parantaa spesifisyyttä.

Eteisvärinään liittyy vaikeuksia myokardi-iskemian dignostiikkaan kaikukuvauksella. Nopean, epäsäännöllisen supistumisen yhteydessä seinämäliikkeiden tarkkailu on haastavaa. Eripituiset lyöntivälit aiheuttavat vaihtelua sydämen täyttymiseen ja kammion kokovaihtelu vaikeuttaa iskemian havaitsemista. Eteisvärinäpotilaalla tutkimus suositellaan tehtäväksi vasodilaattorilla rasittaen.

#### Lopuksi

Keskeistä kaikukuvauksen käytössä sepelvaltimotaudin selvittelyssä on opetella näkemään kaikki vasemman kammion segmentit suorista projektioista ja mielellään ainakin kahdesta eri suunnasta. Tärkeätä on huolellisesti tarkastella seinämän paksuus, paksuneminen, lyheneminen ja kehänsuuntainen toiminta sekä myös diastolinen vaihe. Sairaana segmentin endokardium voi liikkua terveen vetämänä, siksi on keskeistä hahmottaa kunkin segmentin oma paikallinen toiminta. Tärkeätä on verrata rinnakkain nykytilannetta aikaisempiin taltiointeihin. Koska ihmissilmän aikaerotuskyky on rajallinen saadaan apua kvantitatiivisista mittauksista. Toistaiseksi kuitenkin iskemisen seinämäliikehäiriön kvantitaatiota rajoittaa se, että mitaukset tehdään käytännössä yhdessä ulottuvuudessa kerrallaan, usein silmällä havaittuja selviäkkin seinämäliikehäiriötä on vaikea kvantitatiivisesti varmentaa. Tämä korostaa tutkimuksen tekijän asiaan paneutumisen merkitystä.

Taulukko 1.

## Lähdeluettelo

Kerber RE, Marcus ML, Ehrhard, J et al. Correlation between echocardiographically demonstrated segmental dyskinesia and regional myocardial perfusion. *Circulation* 1975;52:1097–1104.

Sutherland GR, Steward MJ, Groundstroem KWE, et al. Color Doppler myocardial imaging: a new technique for the assessment of myocardial function. *J Am Soc Echocardiogr*. 1994;7:441–458.

Catherine K, Yeong S, Kwok, S, Analysis of suspected coronary artery disease in women: a cost-effectiveness analysis. *Am Heart J* 1999;137:1019–1027.

Flachskampf F, Daniel, W. Noninvasive imaging: Cardiac imaging in the patient with chest pain: Echocardiography. *Heart* 2010;96:1063–1072

Loimaala A, Järvinen V, Groundstroem K. Sydämen kudospplerkuvaus. *Suomen Lääkärilehti* 2007;62:1011–1018.

Järvinen V, Saraste M, Stjernvall J. Sepelvaltimoahtautuman osoittaminen sydämen dopplerkaikukuvauksella. *Duodecim* 2002;118:2215–2217.

Luotolahti M, Saraste M, Hartiala J. Exercise echocardiography in the diagnosis of coronary artery disease. *Annals of medicine*, 1996;28:73–77.

Loimaala A Rasituskaikukardiografia sepelvaltimo-taudissa – näyttöön perustuvaa diagnostiikkaa. *Suomen Lääkärilehti* 2005;60:1659– 1665

Loimaala, A, Groundstroem K, Pasanen M et al. Comparison of bicycle, heavy isometric, dipyridamole-atropine and dobutamine stress echocardiography for diagnosis of myocardial ischemia. *Am J Cardiol*.1999;84:1396-1400.

Saraste M, Vesalainen RK, Ylitalo A et al. Transthoracic doppler echocardiography as a noninvasive tool to assess coronary artery stenoses-a comparison with quantitative coronary angiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2005;18: 679-685.

Sicari R, Nihoyannopoulos P, Evangelista A et al. Stress echocardiography expert consensus statement European Association of Echocardiography. *Eur J Echoc* 2008;9:415-437.

Madlera, CF, Payne, N, Wilkenshoff, U et al. Non-invasive diagnosis of coronary artery disease by quantitative stress echocardiography: optimal diagnostic models using off-line tissue Doppler in the MYDISE study. *Eur Heart J* 2003;24:1584–1594

Mor-Avi V, Lang RM, Badano LP, et al. Expert consensus statement. Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASA/EAE consensus statement on methodology and indications endorsed by the Japanese society of echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2011;24:277-313.

Stein JH, Korcarz, CE, Hurst T, ASE consensus statement Use of Carotid Ultrasound to Identify Subclinical Vascular Disease and Evaluate Cardiovascular Disease Risk: A Consensus Statement from the American Society of Echocardiography Carotid Intima-Media Thickness Task Force Endorsed by the Society for Vascular Medicine. *J Am Soc Echocardiogr* 2008:93-111.

Mulvagh SL, Rakowski H, Vannan MA, ASE consensus statement American Society of Echocardiography Consensus Statement on the Clinical Applications of Ultrasonic Contrast Agents in Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2008 1179-1201.

Labovitz, AL, Noble, VL, Bierig M J American society of echocardiography consensus statement Focused Cardiac Ultrasound in the Emergent Setting: A Consensus Statement of the American Society of Echocardiography and American College of Emergency Physicians. *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23:1225-1230.

Picano E, Lattanzi F, Orlandini A et al. Stress echocardiography and the human factor: The importance of being expert. *J Am Coll Cardiol* 1991;17:666-9.

Roger VL, Pellikka PA, Oh JK et al. Stress echocardiography. Part I. Exercise echocardiography: techniques, implementation, clinical applications, and correlations. *Mayo Clinic Proceedings* 1995



Douglas PS, Garcia MJ, Haines DE et al. Appropriate use criteria for echocardiography: A report of the American College of Cardiology Foundation appropriate use criteria task force, American Society of Echocardiography, American Heart Association, American Society of Nuclear Cardiology, Heart Failure Society of America, Heart Rhythm Society, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Critical Care Medicine, Society of Computed Tomography, and Society for Cardiovascular Magnetic Resonance endorsed by the American College of Chest Physicians. *J Am Coll Cardiol* 2011;57:1126-1166.

[http://www.terveysportti.fi/kotisivut/sivut.koti?p\\_sivusto=453=/kolutus/tapausselostuksia/r-UKG](http://www.terveysportti.fi/kotisivut/sivut.koti?p_sivusto=453=/kolutus/tapausselostuksia/r-UKG)

[http://www.terveysportti.fi/kotisivut/sivut.koti?p\\_sivusto=453/koulutus/luentolyhennelmiä=kudos-Doppler](http://www.terveysportti.fi/kotisivut/sivut.koti?p_sivusto=453/koulutus/luentolyhennelmiä=kudos-Doppler) ■

*Vesa Järvinen*

*LT*

*HUSlab Kliininen Fysiologia ja Isotooppilääketiede  
Hyvinkään Sairaala*

*Heli Rätty*

*LL*

*HUSlab Kliininen Fysiologia ja Isotooppilääketiede  
Hyvinkään Sairaala*

*Matti Luotolahti*

*Dos*

*KIP-yksikkö, TYKS*

*Markku Saraste*

*LL*

*KIP-yksikkö, TYKS*

*Antti Loimaala*

*Dos*

*HUSlab Kliininen Fysiologia ja Isotooppilääketiede  
Meilahden Sairaala*