

Ultraääniohjaus invasiivisissa toimenpiteissä

JANNE RAPOLA

Ultraäänikuvantaminen invasiivitoimenpiteiden yhteydessä parantaa onnistumista ja turvallisuutta. Usein läpivalaisuun tarve vähenee. Vaikka tietokonetomografia ja magneettitutkimus ovatkin kehittyneet sydämen kuvantamisen keskeisiksi menetelmiksi monissa tilanteissa, on ultraääninen ylivoimainen etu sen reaaliaikaisuus, helppo saatavuus ja laitteiston suhteellisen pieni koko ja liikuteltavuus. Näiden ominaisuuksien vuoksi ultraääni on monissa tilanteissa hyödyllinen ja usein ensisijainen kuvantamismenetelmä invasiivisia toimenpiteitä suoritettaessa. Lisäksi toimenpidekomplikaatiot ovat yleensä heti havaittavissa ultraäänellä. Tässä kirjoituksessa ei käsitellä sepelvaltimotoimenpiteiden yhteydessä tehtävää suonensisäistä ultraäänikuvausta (IVUS).

Ultraäänimenetelmät

Transtorakaalinen ultraäänikuvaus (TTE) on ultraäänitutkimuksen standardi erityisesti diagnostisessa mielessä. TTE on helppo, nopea, täysin non-invasiivinen tutkimus. Useissa toimenpiteissä, etenkin komplikaatiota (esim tamponaatio) epäiltäessä TTE:n välittömästi antama informaatio on arvokasta. Katetriisaatiolaboratorioissamme olevat pienet laptop-tyyppiset ultraäänilaitteet ovat päivittäin käytössä.

Transtorakaalikuvantamisessa on kuitenkin merkittäviä rajoituksia, erityisesti näkyvyyteen liittyen. Potilaan ollessa selällään toimenpidepöydällä on näkyvyys usein huono. Lisäksi ultraääntä tekevä altistuu runsaalle säteilylle mikäli samanaikaisesti tehdään läpivalaisu.

Myös aseptiikan kanssa saattaa tietyissä toimenpiteissä olla ongelmia.

Ruokatorven kautta tehtävä **transesofageaalinen ultraäänikuvaus (TEE)** on teknisesti TTE:ta haasteellisempi ja edellyttää joko sedaatiota tai yleisanestesiaa toimenpiteen ajaksi. TEE on usein tarpeen jo toimenpidettä suunniteltaessa silloin kun on varmistettava että perkutaaninen toimenpide tulee kyseeseen (esim ASD:n sulkku, korvaketoimenpiteet, MitraClip). Vaikka diagnostinen TEE ei edellytä sedaatiota, on toimenpiteiden aikana potilaan liikkumattomuus oleellista ja aspiraatiovaaran ja potilaan mukavuuden vuoksi teemme käytännössä kaikki TEE:ta edellyttävät toimenpiteet intuboituna yleisanestesiassa. TEE:ssä näkyvyys moniin kriittisiin rakenteisiin on ylivoimainen TTE:hen verrattuna. TEE onkin monissa toimenpiteissä kuvantamisen standardi. Kolmiulotteinen kuvantaminen TEE:n yhteydessä (3DTEE) antaa usein tärkeää lisätietoa toimenpiteen suorittajalle.

Suonensisäisesti sydämeen uitettu ultraäänikatetri mahdollistaa aivan uudenlaisen näkymän. Tämä **intrakardiaalinen ultraäänikuvaus (intracardiac echo, ICE)** on melko uusi sovellus, joka kuitenkin on lupautunut useiden toimenpiteiden yhteydessä käytettynä. Laitteen ohjaaminen ja hyvän näkymän saaminen halutusta kohteesta vaativat harjoittelua. Useimmiten anturi uitetaan oikeaan eteiseen reisilaskimon kautta ja anturia ohjataan kehon ulkopuolelta laitteen varressa olevan ohjausjärjestelmän avulla. Näkyvyys moniin oikeista eteistä lähellä oleviin rakenteisiin on parempi kuin millään muulla menetelmällä. Anturi voidaan viedä myös oikeaan kammioon ja toisaalta valtimoteitse aina aortan tyveen asti. Tällä hetkellä käytettävissä on 8F ja 10F paksuiset anturit. Antureissa on myös doppler- ja värídoppler. Kolmiulotteista kuvantamista kehitellään. ICE:n haittoja ovat invasiivisuus, kertakäyttölaitteiston



hinta (n.1500 €) sekä ultraäänikeilan lyhyys (syvyys) verrattuna esim TEE:hen. Toisaalta ICE ei edellytä yleisanestesiaa (vrt TEE) ja monesti toimenpiteen tekijä voi ohjata anturia eikä erillistä ultraäänien tekijää tarvita.

Ultraääniohjaus toimenpiteissä

Ultraääniohjaus useissa invasiivitoimenpiteissä on muodostunut rutiiniksi ja American Society of Echocardiography (ASE) on laatinut suositukset aiheesta (1). Erityisesti uusissa katetriteitse tehtävissä läppätoimenpiteissä ultraääniohjaus on keskeisessä asemassa ja tästä aiheesta on juuri julkaistu suositus, jonka ovat laatineet yhdessä European Association of Echocardiography (EAE) ja ASE (2). Seuraavissa kappaleissa käsitellään tavallisimpia invasiivitoimenpiteitä ja ultraäänien käyttöä niiden yhteydessä lähinnä omien kokemustemme ja käytäntöjemme pohjalta.

Sydänlihaskiopsiassa (EMB) käytämme läpivalaisun ohella käytännössä aina TTE:ta. Ultraäänellä näkee bioptomin kulun oikeasta eteisestä kammioon ja sen kärjen sijoittumisen turvalliselle ja halutulle biopsialueelle (kuva1). Nykyisillä laitteilla pystyy tunnistamaan auki olevat bioptomin leuat ja varmistamaan turvallisen palan oton ilman läpivalaisuakin. TTE paljastaa heti myös pelätymmän komplikaation eli tamponaation. Trikuspidaaliläpän rakenne ja toiminta on helppo tarkastaa toimenpiteen jälkeen. Ultraääni antaa myös nopean käsityksen sydämen systolisesta funktiosta ja mahdollisista paikallisista poikkeavuuksista esim tulehduksellisten sydänlihassairauksien yhteydessä.

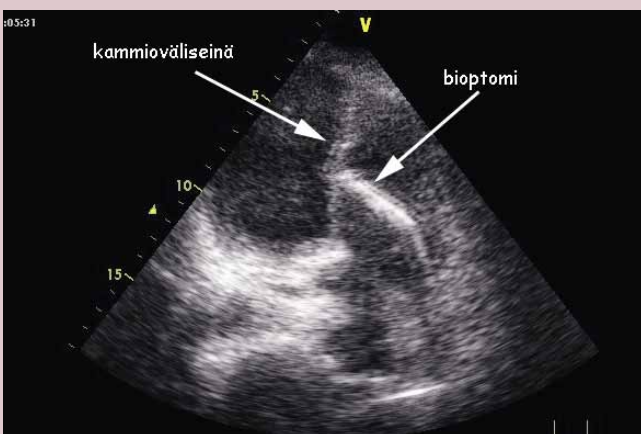
Perikardiumin punktiossa ultraääniohjaus on korvaamaton. TTE:llä nähdään missä suurin kertymä on ja sinne yleensä punktio suunnataan. Neulan näkyvyyden parantamiseksi käytämme nykyisin anturiin

steriilisti kiinnitettävää neulanohjainta. Punktioneulan paikka on helppo varmistaa ruiskuttamalla pieni määrä keittosuolaa, joka erottuu selvästi perikarditilassa. Mikäli perikarditilaan uitetaan dreeni, näkyy sekin usein varsin hyvin ultraäänellä.

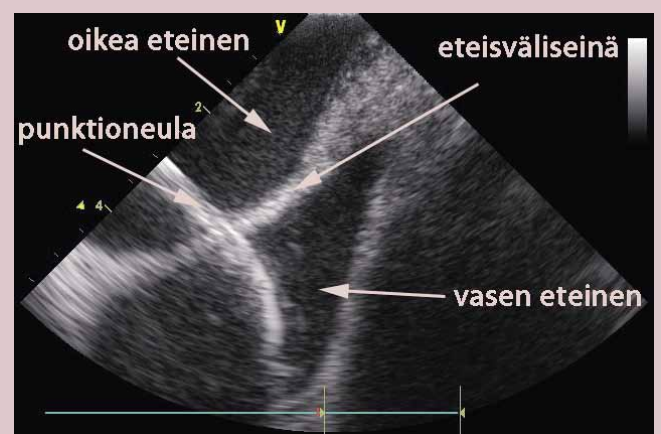
Hypertrofisen obstruktiivisen kardiomyopatian (HOCM) **septumin alkoholiablaatio** oikea etanolin ruiskutuspaikka varmistetaan ruiskuttamalla katetrista pieni määrä ultraäänivarjoainetta septaalihaaraan. Varjoaine täyttää alueen jonne etanolivaurio tulisi ja näin varmistetaan että alue on sopiva ja oikea ja ettei vaurioiteta vääriä alueita tai rakenteita (esim papillaarilihaksia). Ultraäänivarjoaine sydänlihaksessa näkyy erittäin hyvin TTE:lla. Toimenpiteen aikana voidaan jo arvioida tulosta alustavasti, koska painegradientti muuttuu usein varsin nopeasti etanolin annon jälkeen.

Eteisten väliseinän kohdistuvia toimenpiteitä ovat transseptaalinen punktio, septostomia sekä eteisväliseinän defektin tai avoimen foramen ovalen sulkku. Transseptaalipunktiota tarvitaan kun laskimoteitse tehtävä toimenpide kohdistuu sydämen vasemmalla puolelle. Näistä yleisin lienee eteisvärinän katetriablaatio, jossa keuhkolaskimoiden ja vasemman eteisen käsitteily tehdään laskimoteitse. Muita transseptaalipunktiota vaativia toimenpiteitä ovat eteiskorvakkeen katetrisulku, sekä mitraaliläppään kohdistuvat toimenpiteet kuten stenoosin pallolaajennus ja vuodon perkutaaninen korjaus (MitraClip).

Transseptaalipunktio on perinteisesti tehty läpivalaisun avulla yläonttolaskimosta peruuttamalla ja kiertämällä. Kokeneet elektrofysiologit eivät yleensä käytä ultraäänikuvantamista rutiininomaisissa transseptaalipunktioissa, mutta mikäli punktio tiedetään tai se osoittautuu vaikeaksi, on ultraäänitutkimuksesta usein merkittävää apua. Eteisvälisenä visualisoituu sekä TEE:llä että ICE:lla (kuva 2) erittäin hyvin ja sen ana-



Kuva 1. Transtorakaalinen kuva biopsian otosta. Bioptomin kärki näkyy turvallisessa näytteenottopaikassa kammioväliseinässä.



Kuva 2. ICE-kuvassa erottuu eteisväliseinä ja punktioneulan kulku sen läpi.



Kuva 3. Ruokatorven kautta tehty 3D kuvasarja mitraaliläpän pallolaajennuksesta. Vasemmalla ahtautunut läppäaukko ennen toimenpidettä, keskellä laajennuspallo vasemmassa eteisessä, oikealla tulos pallolaajennuksen jälkeen.

tomiset poikkeavuudet ovat helposti havaittavissa. Heireillä olevalle potilaalle voi helposti uittaa ICE katetrin oikeaan eteiseen. TEE yleensä edellyttää tässä tilanteessa yleisanestesiaa tai sedaatiota (kts. edellä). Ultraäänikuvantamisella voidaan varmistaa ettei perforoida eteisten vapaata seinää tai punktoida aorttaa. ICE:a voidaan tietyissä tilanteissa käyttää myös anatomisesti hankalien arytmiafokusten ablaation apuna.

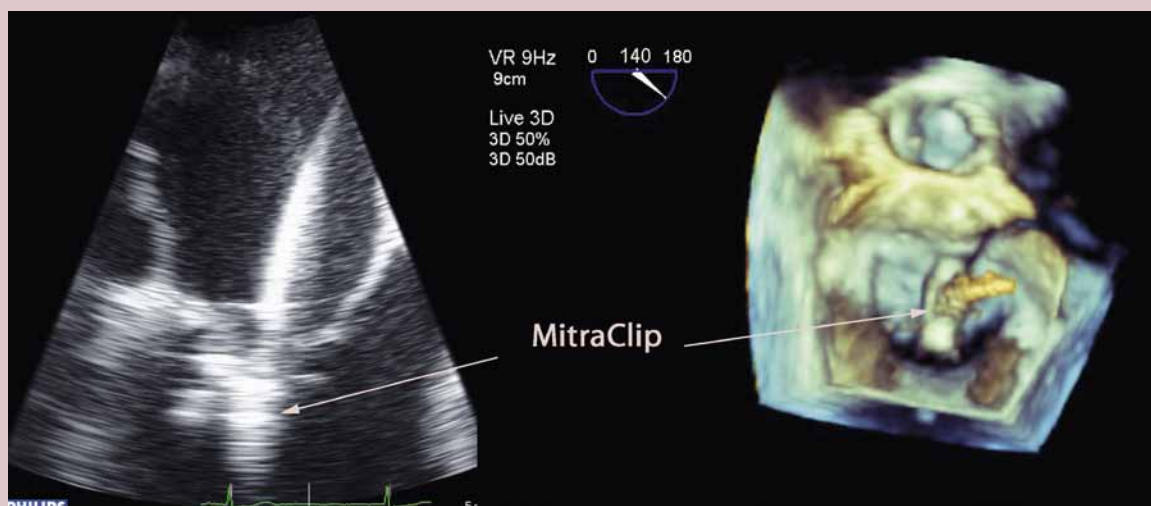
Hallittu eteisseptumin rikkominen suntin aikaansaamiseksi hyötyy TEE:sta tai ICE:sta, joilla molemmilla nähdään septostomiainstrumentin sijainti ja kulku. Samalla saadaan käsitys syntyneen suntin suuruudesta.

Mitraaliläppään kohdistuvat perkutaaniset toimenpiteet tehdään transseptalisesti. Paitsi transseptaalipunktio, myös itse toimenpide hyötyy yleensä ultraääniohjauksesta. **Mitraalistennoosin pallolaajennuksessa (PMBV)** pallon ohjaaminen paikalleen helpottuu merkittävästi TEE tai ICE ohjauksessa. Ahtautuneen mitraalياهوkon mittaaminen ennen ja jälkeen toimenpiteen on mahdollista ja erityisesti 3DTEE antaa suoran näkymän aukosta ja sen koosta (kuva3). Ultraäänellä nähdään myös mahdollinen vuodon lisääntyminen ja muut komplikaatiot. Stenoosin pallolaajennuksen yhteydessä voidaan käyttää myös TTE:ta

mutta näkyvyys jää selvästi edellä mainittuja heikommaksi.

Mitraalivuodon perkutaaninen korjaus tekee tuloaan. Mitraalivuodon vähentämiseksi kiinnitetään etu- ja takapurjeen keskiosat toisiinsa klipsillä (MitraClip), jolloin vuoto vähenee. Erityisesti funktionaalisessa mitraalivuodossa tulokset ovat hyvät. Toimenpidettä ohjataan lähes yksinomaan ultraäänellä. MitraClipin suuntaus transseptaalipunktin jälkeen suoraan läppäaukkoon ja erityisesti klipsin sijoittuminen oikeaan kohtaan edellyttävät korkealaatuista TEE kuvantamista. Käytännössä klipsin asento ja sijoittuminen ovat optimaalisimmin nähtävissä 3DTEE:lla (kuva 4). Toimenpiteen tulos (vuodon väheneminen) arvioidaan heti, jolloin klipsi voidaan vielä irroittaa ja siirtää parempaan paikkaan. MitraClipin asentamisen yhteydessä on kokeiltu myös ICE:a mutta kokemukset siitä ovat vielä vähäiset.

ASD:n ja PFO:n sulkku ovat toimenpiteitä, jossa eteisväliseinäen asetetaan perkutaanisesti sulkulaite estämään oikovirtauksen. Toimenpide tehdään ultraääniohjauksessa, useimmiten TEE:n avulla. Käytämme nykyisin rutiinisti myös 3DTEE:ta, koska aukon visualisointi on huomattavasti parempi sillä. 3DTEE:lla



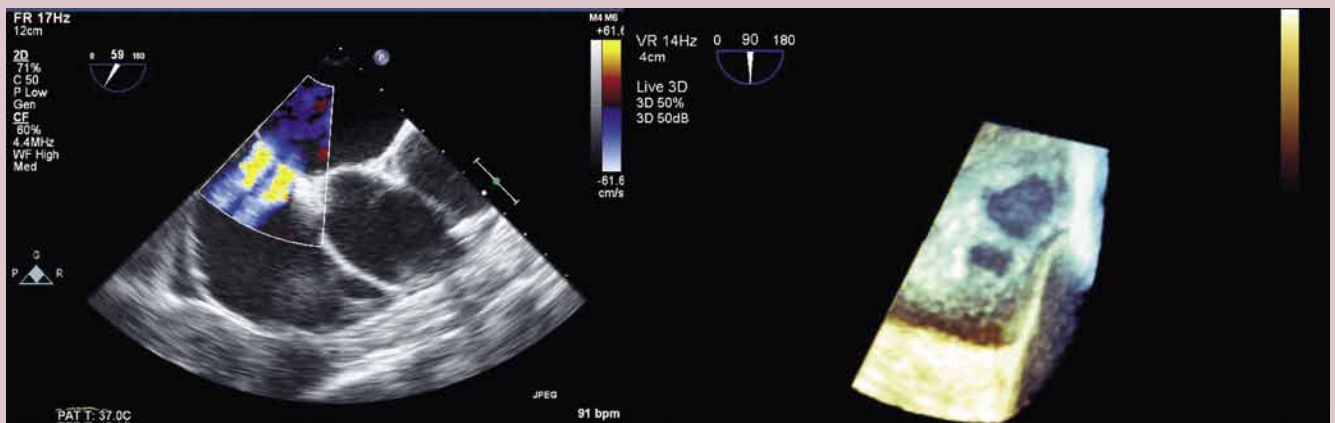
Kuva 4. MitraClip toimenpide. Vasemmalla 2D kuva, jossa klipsi näkyy mitraalياهوkossa. Oikealla 3D kuvassa nähdään mitraalياهوkoa lähestyvä klipsi.

saadaan käsitys aukon koosta, muodosta, reunoista, sekä siitä, onko mahdollisesti useampia defektejä (kuva 5). 3DTEE auttaa myös laitteen paikalleen asettamisessa ja tuloksen arvioinnissa (kuva 6). Myös ICE:lla saadaan erinomainen näkyvyys eteisväliseinään ja ICE:a käytetäänkin yleisesti sulkutoimenpiteiden ohjauksessa. Näin voidaan välttää yleisanestesia tässä melko yksinkertaisessa ja nopeassa toimenpiteessä. Meillä käyttöä on vielä rajoittanut laitteiston korkea hinta.

Eteiskorvakkeen sulkku on uusi toimenpide, jossa eteiskorvakkeen suulle asetetaan sulkulaite, tarkoituksena eristää korvake verenkierrosta ja estää tromboembolioiden synty. Toimenpide tehdään transseptaalipunktion kautta ja se vaatii hyvää näkyvyyttä eteiskorvakkeeseen. Toimenpide tehdään TEE ohjauksessa ja todennäköisesti 3DTEE on hyödyllinen. Oma-kohtaista kokemusta eteiskorvakkeen sulusta ei ole.

Stenoottisen aorttaläpän korvaaminen perkuutaanisesti tai transapikaalisesti (tai transaortaalisesti)

asetettavan stentillisen bioläpän avulla (**TAVI**) on nopeasti yleistynyt toimenpide. Vaikka läpän lopullinen paikka määräytyykin pääasiassa läpivalaisun perusteella, on toimenpiteessä useita vaiheita, joissa ultraäänitutkimuksesta on hyötyä. Vajereiden kulku, laajennuspallon asettaminen ja läppäproteesin asettaminen ovat TEE:n kautta seurattavissa. Myös toimenpidekomplikaatiot, myokardin supistuvuus, nesteytystilanne ja toimenpiteen tulos ovat nopeasti toimenpiteen kuluessa arvioitavissa. Myös ICE:lla saadaan erittäin hyvä näkyvyys aortan tyveen, ja joissakin keskuksissa ICE:a käytetään ensisijaisena kuvantamismenetelmänä transfemoraalisesti tehtävässä TAVI:ssa. Näin voidaan välttää yleisanestesian tarve. Meillä noin puolet TAVI-toimenpiteistä tehdään transapikaalisesti (tai transaortaalisesti), jolloin potilas on joka tapauksessa yleisanestesiassa. Olemme kerran tehneet hyvällä menestyksellä TAVI:n ICE-kontrollissa, koska edes pediatria TEE anturia ei saatu vietyä potilaan ruokatorveen.



Kuva 5. Eteisväliseinäaukon arviointi TEE:lla. Vasemmalla 2D kuvassa jo viitettä kahdesta aukosta, mikä varmistuu 3D kuvauksella.



Kuva 6. Sulkulaite paikallaan eteisväliseinäaukossa 2D ja 3D TEE:lla katsottuna.

Yhteenveto

Ultraäänellä on keskeinen asema monen invasiivisen kardiologisen toimenpiteen suorittamisessa. Toimenpiteen ohjaus, tuloksen arviointi ja komplikaatioiden havaitseminen tapahtuvat reaaliaikaisesti. TTE on hyödyllinen biopsian, perikardiumpuktin sekä septumin etanoliablaation yhteydessä. TEE ja 3DTEE hyödyttää monia transseptalisesti tehtäviä toimenpiteitä ja joissakin (esim. MitraClip) se on toimenpiteen kannalta välttämätön. Eteisväliseinän sulkutoimenpiteissä TEE ja 3D TEE ovat suureksi avuksi. Myös perkutaaniset aorttaläppätoimenpiteet hyötävät ultraääniohjauksesta. Uudempana menetelmänä ICE kilpailee monessa suhteessa TEE:n kanssa. ICE:n pääasiallinen etu on se ettei yleisanestesiaa tarvita, mutta haittapuolena on korkea hinta. ■

Kirjallisuus

1. Silvestry FE, Kerber RE, Brook MM, Carroll JD, Eberman KM, Goldstein SA, et al. Echocardiography-guided interventions. *J Am Soc Echocardiogr.* 2009;22(3):213–231.
2. Zamorano JL, Badano LP, Bruce C, Chan KL, Goncalves A, Hahn RT, et al. EAE/ASE recommendations for the use of echocardiography in new transcatheter interventions for valvular heart disease. *Eur Heart J.* 2011;32(17):2189–214.

Janne Rapola

LT, kardiologian erikoislääkäri

HYKS

Kardiologian klinikka