

Klinisk bruk av nye ekkokardiografiske teknikker

Sammendrag

Nye applikasjoner og videreføring av eksisterende metoder har bidratt til stadig økende betydning av kardiologisk ultralyddiagnostikk. I denne oversiktsartikkelen beskrives kortfattet noen av de viktigste nyere ekkokardiografiske teknikkene.

Utvikling av vevsdopplerundersøkelser har gitt mulighet for kvantitativ bedømmelse av regional myokardial funksjon, noe som er særlig viktig ved koronarsykdom. Venstre ventrikkels funksjon, som har stor prognostisk og behandlingsmessig betydning, kan nå bedømmes mer pålitelig med kontrast-ekkokardiografi når bildene med konvensjonell teknikk ikke er tilfredsstillende.

Intravaskulære ultralydundersøkelser har økt forståelsen av patologiske forandringer i koronararteriene og har derved bidratt vesentlig til utviklingen av perkutan koronar intervensjonsbehandling. Kateterbasert behandling av arytmier, klaffestenoser og septumdefekter kan veiledes av intrakardial ekkokardiografi, noe som innebærer praktiske fordeler for gjennomføringen av prosedyrene.

Tredimensjonal ekkokardiografi muliggjør romlig fremstilling av kardiale strukturer og kan derfor få særlig betydning ved medfødte hjertefeil og ervervet klaffesykdom.

Engelsk sammendrag finnes i artikkelen på www.tidsskriftet.no

Oppgitte interessekonflikter:
Se til slutt i artikkelen

> Se også side 308

Kai Andersen

kai.andersen@rikshospitalet.no
Thoraxkirurgisk avdeling
og
Hjertemedisinsk avdeling
Rikshospitalet
0027 Oslo

Ekkokardiografi har i løpet av siste tre tiår fått stadig økende diagnostisk betydning i klinisk kardiologi. De fleste spørsmål vedrørende hjertets morfologi og funksjon kan nå besvares med ultralyddiagnostikk. Selv om perkutan koronar intervensjonsbehandling fortsatt krever angiografisk utredning, har ultralydundersøkelser også bidratt vesentlig til hvordan denne behandlingen nå gjennomføres.

Kardiologisk ultralyddiagnostikk er under stadig utvikling, med nye applikasjoner og videreføring av eksisterende metoder. I det følgende gis en kort oversikt over klinisk bruk av noen slike sentrale, nye teknikker.

Vevsdopplerundersøkelse

Dopplerprinsippet benyttes ved måling av blodstrømhastigheter, slik som gjennom et klaffeostium. Ved modifisering av metoden til såkalt vevsdopplerundersøkelse, kan man bedømme myokards funksjon ved å måle hastigheten det myokardiale vevet beveger seg med (1). Regional kontraktile funksjon kan derfor belyses med måling av systolisk vevshastighet i et gitt område (fig 1). Basert på hastighetsmålinger fra to nærliggende punkter fås et mer direkte uttrykk for myokardial kontraksjon ved å beregne endringen av myokardial segmentlengde, som i engelskspråklig litteratur betegnes som «strain» (2, 3).

Påvisning av regional myokardial iskemi

Med bestemmelse av vevshastighet og endring i segmentlengde kan man ikke-invasivt påvise myokardial iskemi (1). Iskemisk nedsatt funksjon av myokard fører til nedsatt systolisk forkortning av myokardiale fibrer og redusert hastighet av vevets bevegelse. Ved uttalt iskemi vil fibrene til og med forlenges i systolen (fig 2). Selv om vevshastigheten forandres pga. iskemi, vil hastigheten i et gitt område også influeres av hele hjertets bevegelse og av vevshastigheten i naboområdet (1). Endringer i myokardial segmentlengde vil derfor kunne lokalisere et iskemisk område mer presist enn forandringene i vevshastighet.

Med vevsdopplerundersøkelse er det altså mulig å objektivisere og i noe grad kvantitere iskemisk dysfunksjon av myokard. Dette representerer et skritt fremover ettersom gjeldende ekkokardiografiske metode er semikvantitativ, basert på visuell bedømmelse av veggbevegelse i venstre ventrikkel. Vevsdopplerundersøkelse vil derfor trolig få økende betydning for kartlegging av iskemi, både i diagnostisk og behandlingsmessig sammenheng.

Global funksjon av venstre ventrikkel

Basis av hjertet beveger seg mot apeks under systolen med hastighet som korrelerer med venstre ventrikkels ejsjonsfraksjon (4). Ventrikkelfunksjonen kan derfor bedømmes ved måling av mitralringens systoliske hastighet i apikal retning. Man kan også få informasjon om venstre ventrikkels fyllingstrykk ved å sammenholde tidlig diastolisk blodstrømhastighet gjennom mitralostiet med hastigheten av mitralringens bevegelse (4).

Resynkronisering av ventrikulær funksjon

Ved uttalt hjertesvikt foreligger ofte intraventrikulære ledningsforstyrrelser med dys-synkron aktivering av myokard, som bidrar til ytterligere nedsatt pumpefunksjon. Resynkronisert ventrikkelaktivering med bi-ventrikulær pacemakerbehandling kan gi markert bedring av pasientens hjertesvikt. Pga. høy tids- og romoppløsning ser det ut til at man ved måling av regionale vevshastigheter kan kvantitere og lokalisere forsinket ventrikkelaktivering (5). Dette vil trolig kunne gi veiledning om hvilke pasienter som vil ha nytte av resynkroniserende pacemakerbehandling.

Kvantitativ stressekkokardiografi

Ved stressekkokardiografi bedømmes veggbevegelsene i venstre ventrikkel under arbeidsbelastning eller farmakologisk induisert stress (6). Iskemi diagnostiseres med påvis-



Hovedbudskap

- Ekkokardiografi har sentral betydning ved diagnostikk av hjertesykdommer
- Nye ekkokardiografiske teknikker gir økt informasjon om myokardial funksjon, medfødte hjertefeil og ervervet klaffesykdom, og gir verdifull veiledning ved kateterbasert invasiv behandling

ning av nyoppstått eller forverret patologisk veggbevegelse i ventrikkelen. Metoden har bedre diagnostisk følsomhet enn arbeids-EKG, og er mindre ressurskrevende enn alternative teknikker. I tillegg fås også informasjon om viabilitet, dvs. om myokard som allerede i hvile har nedsatt eller opphevet funksjon, har potensial for bedret funksjon etter revaskularisering. Stressekkokardiografi spiller derfor en viktig rolle i diagnostikk og behandling av koronarsykdom. Vanligvis utføres undersøkelsen med visuell bedømmelse av veggbevegelse. Denne metoden har imidlertid begrensninger ved å være semikvantitativ og observatørvhengig med betydelige krav til erfaring med slik undersøkelsesmetodikk.

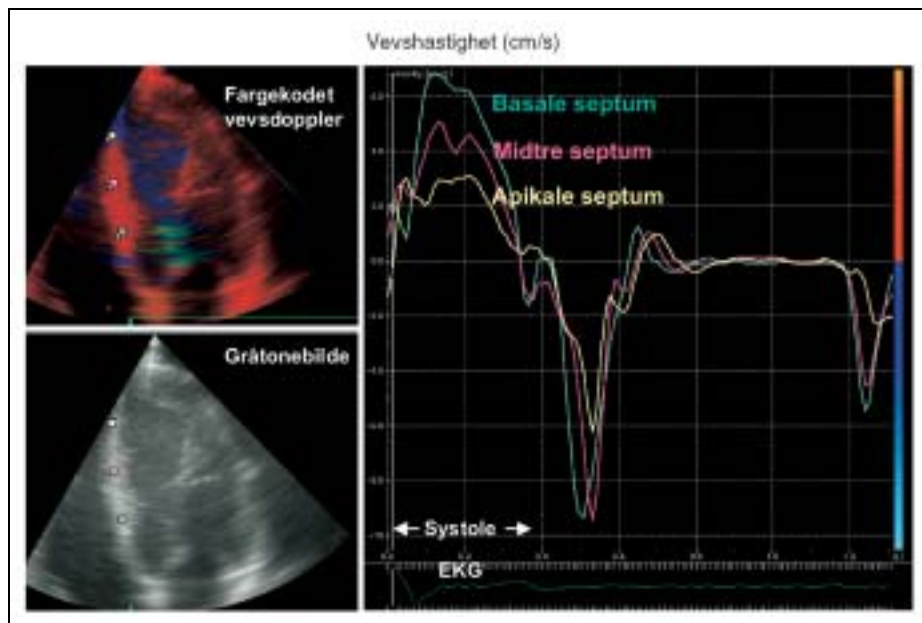
En del av begrensningene ved den etablerte metoden for stressekkokardiografi vil kunne overkommes med kvantitative teknikker (7). Automatisk veggdeteksjon er en slik metode, som avtegner endokard basert på den ulike spredningen av reflektert ultralyd fra myokard og blod. Med en slik automatisk definering av endokard kan man på en objektiv måte påvise endringer i veggbevegelse. Metoden har vært rapportert å gi tilsvarende, eller til og med bedre informasjon enn visuell bedømmelse. Imidlertid kreves meget god bildeklarhet, som derved representerer en vesentlig metodologisk begrensning. Dette problemet kan trolig i noen grad overvinnes med kontrastekekardiografi.

Påvisning av nedsatt systolisk vevshastighet med vevsdopplerundersøkelse under stressekkokardiografi synes å bli en viktig metode for påvisning av myokardial iskemi (7). Metoden er blitt funnet å oppfylle kliniske krav om å være reproducerbar, lett anvendelig, robust og kvantitativ. Vevsdopplerundersøkelse med utrente observatører synes å gi samme diagnostiske informasjon som den som oppnås av erfarne observatører med visuell bedømmelse av veggbevegelse.

Kontrastekekardiografi

Fysiologisk saltvann som ristes tilføres luftholdige mikrobobler som gir kraftige ultralydekk fra grenseflatene mellom væske og gass, og har derfor vært brukt som kontrastmiddel i mange år. Boblene løser seg imidlertid fort opp og mister raskt sin kontrastvirkning. Det er nå utviklet kontrastmidler med mikrobobler som inneholder en indifferert gass (for eksempel et fluorokarbon eller svovelheksafluorid) som har en mer holdbar overflate (8). Samtidig er mikroboblene så små at de passerer gjennom lungekapillarsengen og kan visualiseres i venstre ventrikels kavititet og myokard etter intravenøs injeksjon.

Samtidig med utvikling av kontrastmidler er avbildningsteknikken forbedret (8). Dette omfatter blant annet såkalt harmonisk bildebildning der man mottar reflektert ultralyd med en høyere frekvens enn den som er utsendt.

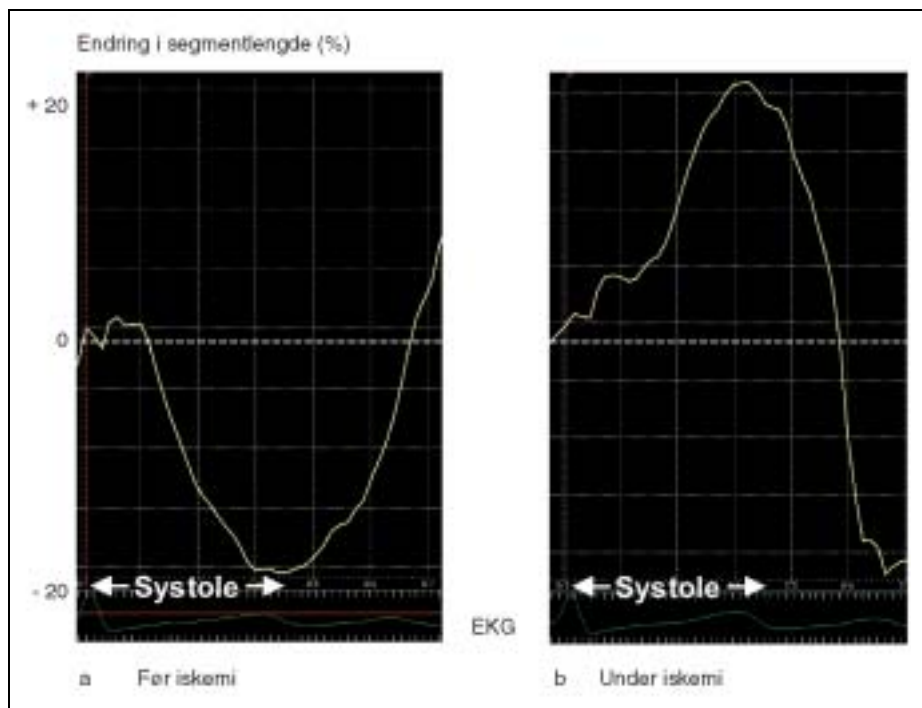


Figur 1 Grafisk fremstilling (til høyre) av normale longitudinale vevshastigheter i basale, midtre og apikale deler av interventrikulærseptum målt fra apikal posisjon. Målestedene er angitt i todimensjonale registreringer (til venstre) med fargekodet vevsdopplerundersøkelse (øverst) og gråtoneavbildning (nederst). Kurvene reflekterer venstre ventrikels normale systoliske bevegelser i apikal retning, med avtakende hastighet fra basis mot apeks

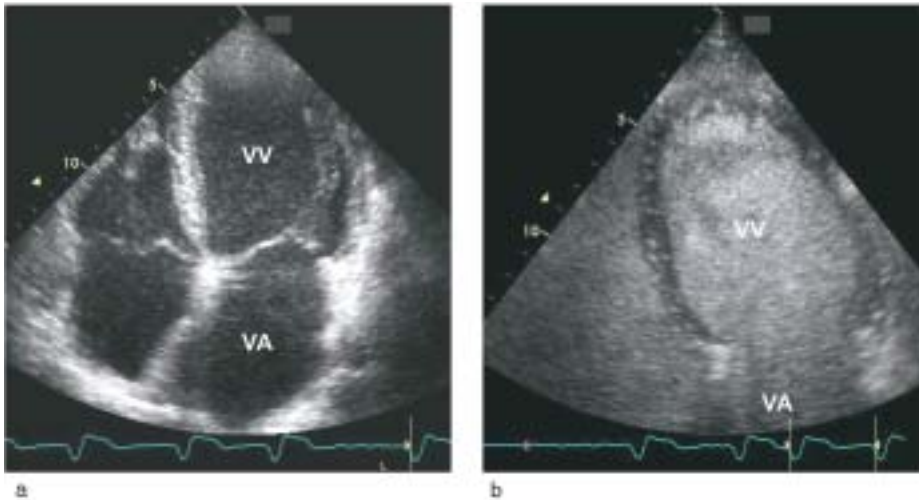
Avgrensing av venstre ventrikels kavititet

Bruk av ultralydkontrast bedrer den bilde-messige fremstillingen av venstre ventrikkel (fig 3), med særlig forbedring av den endokardiale avtegningen av ventrikkelenes kavititet (8). Dette kan være av vesentlig betydning for bedømmelse av ventrikulær veggbe-

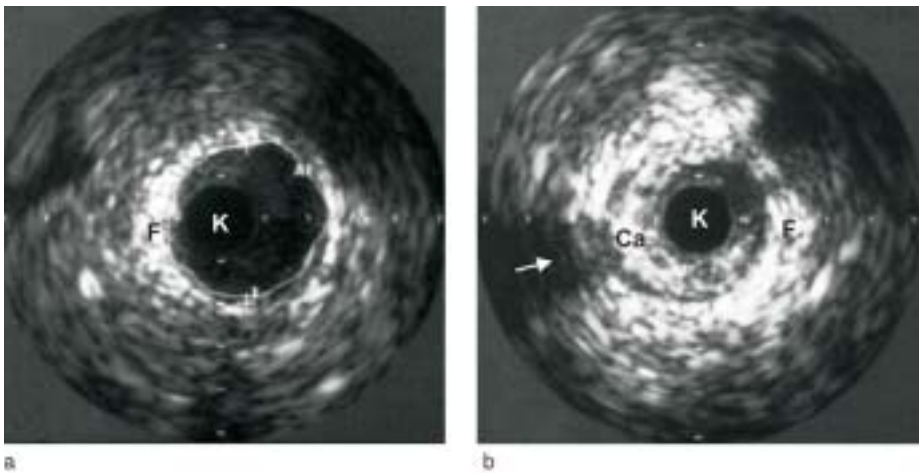
vegelse, både i hvile og under stressekkokardiografi. Bedret avtegning av endokard gjør også bedømmelsen av venstre ventrikels globale funksjon mer pålitelig. Bruk av kontrast er særlig nyttig og er etablert for klinisk bruk, når konvensjonell undersøkelse er teknisk vanskelig med dårlig bildeklarhet.



Figur 2 Prosentvis longitudinal endring av myokardial segmentlengde i apikale deler av septum a) før og b) under iskemi. a) Negativ prosentvis endring reflekterer systolisk myokardial forkortning som normalt. b) Under uttalt iskemi foreligger derimot en positiv prosentvis endring, som reflekterer systolisk forlengelse av det iskemiske segmentet



Figur 3 Registrering av venstre ventrikel fra apikal posisjon a) før og b) etter intravenøs injeksjon av ultralydkontrast. Legg merke til bedret definering av ventrikkelkaviteten av grensning med kontrast. VV = venstre ventrikel, VA = venstre atrium



Figur 4 Intravaskulær ultralydundersøkelse av a) moderat og b) betydelig arteriosklerotisk koronarkar, det siste med sterkt forsnævret lumen som bare så vidt gir plass til kateteret. Legg merke til økte ekko i karveggen forenlige med fibrose og kalk. Legg også merke til ultralydskyggen (pil) utenfor kalkavleiringen. Ca = kalk, F = fibrose, K = kateter

Bedømmelse av myokardial perfusjon
Kontrastekkokardiografi ser også ut til å ha potensial for vurdering av regional myokardial perfusjon, ved å bedømme oppladningen av ultralydkontrast i vevet. På den måten vil ekkokardiografisk diagnostikk av koronarsykdom kunne optimaliseres med samtidig undersøkelse av regional og global myokardial struktur, perfusjon og funksjon. Imidlertid representerer dette fortsatt et forskningsfelt og er foreløpig ikke klart for bruk i klinisk rutine (8).

Intravaskulær ultralydundersøkelse

Selv om selektiv angiografi fortsatt er viktigste bildediagnostiske metode ved koronarsykdom, er intravaskulær ultralydundersøkelse et viktig supplement og har gitt ny innsikt i diagnostikk og behandling av sykdommen (9). Mens angiografi fremstiller en silhuett av karetets lumen, gir intravaskulær ultralydundersøkelse også informasjon

om størrelse, utbredning og sammensetning av avleiringer i karveggen. Med et miniaturisert lydhode inkorporert i spissen, føres et perkutant innlagt kateter retrograd til aortaroten og inn i aktuelle koronararterie. Ultralydbildet gir en tomografisk fremstilling av lumen og av veggen i hele karetets omkrets (fig 4).

Bedømmelse av karlumen og karvegg

Arealet av lumen bestemmes ved avtegning av fremre kant av ekkoet fra overgangen mellom lumen og karvegg. Korrelasjonen til angiografi er god i kar uten arteriosklerose, er mer moderat ved sykdomsforandringer, mens det er størst forskjell mellom angiografiske funn og ultralydfunn etter intervensjoner (9).

Ultralyd reflekteres særlig fra overgangen mellom to vev, slik som mellom blod og intima og mellom media og adventitia. Ekko fra avleiringer i karveggen gjør det mulig å

bedømme deres størrelse, utbredning og i noen grad også sammensetning (9). Lipidavleiringer er lite ekkogivende. Fibromuskulære lesjoner genererer ekko med lav intensitet, mens fibrose eller forkalkninger gir kraftigere ekko. Ofte foreligger betydelige avleiringer i veggen uten at lumen er vesentlig forsnævret. I tillegg har avleiringene ofte en eksentrisk lokalisasjon.

Arteriell remodellering

Intravaskulær ultralyd har bidratt vesentlig til å belyse arteriell remodellering, som refererer til endring av kardimensjon under utviklingen av arteriosklerose (9). Ved begynnende veggforandringer tilkommer en økning av karetets størrelse, såkalt positiv remodellering, som antas å være kompensatorisk for å bevare karetets tverrsnittsareal. Ved mer avansert sykdom finner det sted en negativ remodellering med reduksjon av karetets størrelse, noe som bidrar til luminal stenosering. Hos pasienter med ustabil angina er det en overhyppighet av positiv remodellering, mens negativ remodellering forekommer mer hyppig hos pasienter med stabile symptomer. Negativ remodellering synes også å medvirke til restenosering etter mekaniske intervensjoner.

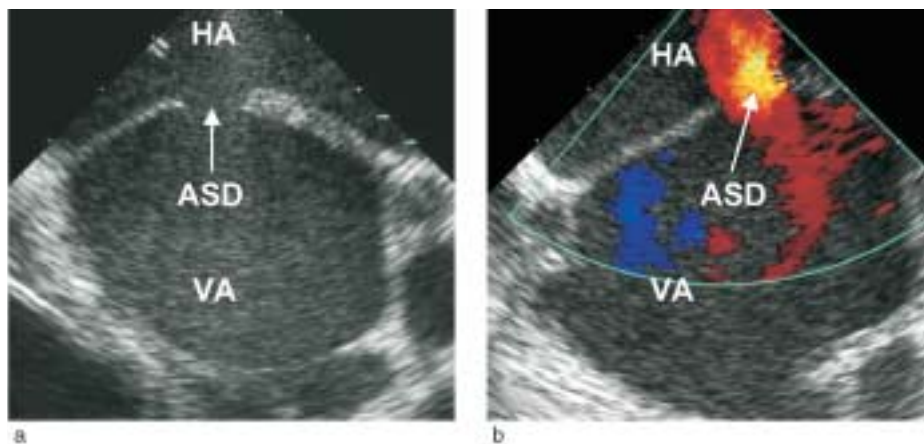
Anvendelse

Intravaskulær ultralydundersøkelse kan avklare nødvendigheten av intervensjonsbehandling hvis de angiografiske funnene er tvetydige (9). Dette kan være av særlig betydning ved affeksjon av venstre koronararteries hovedstamme. Metoden har også vist seg viktig for påvisning av koronarsykdom hos hjertetransplanterte. En potensiell anvendelse kunne være identifisering av avleiringer i karveggen med risiko for ruptur til lumen. Ikke minst viktig har intravaskulær ultralydundersøkelse hatt stor betydning for utviklingen av gjeldende prosedyrer for perkutan intervensjonsbehandling, særlig vedrørende implantasjon av stenter (9).

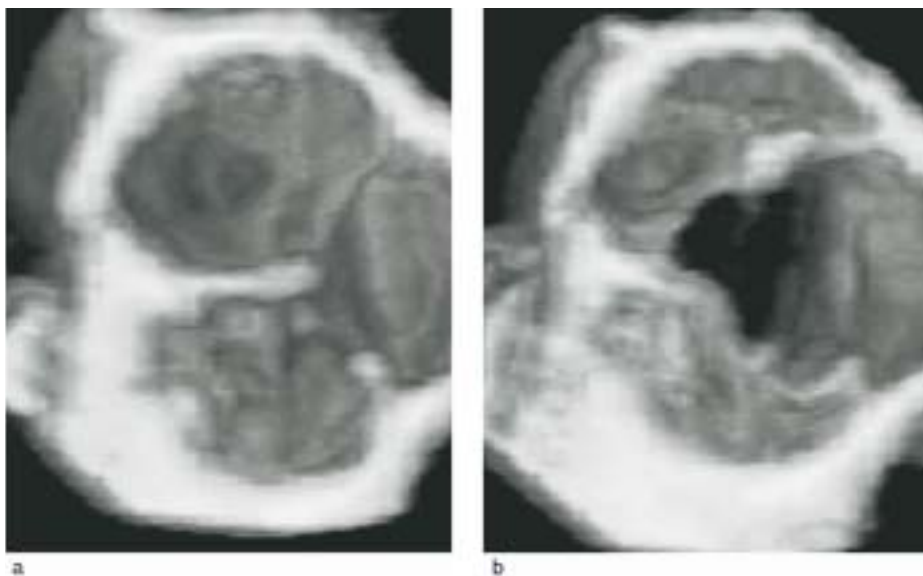
Intrakardial ekkokardiografi

Ultralyddiagnostikk spiller ofte en viktig veiledende rolle for invasiv diagnostikk og behandling. Transtorakal undersøkelse er ofte uegnet i denne sammenheng. Transøsofageal ekkokardiografi kan også være forbundet med ulemper ved at undersøkelsen kan være ubehagelig, ev. med behov for sedasjon eller generell anestesi. Intrakardial ekkokardiografi har derimot ikke slike begrensninger (10).

Også ved denne undersøkelsen brukes et miniaturisert lydhode plassert i spissen av et hjertekateter. Det brukes en ultralydfrekvens som tillater morfologisk undersøkelse (fig 5) av alle hjerteavsnitt. Dopplerregistreringer gjør det mulig å få hemodynamisk informasjon i tillegg. Foreløpig kan man bare undersøke i ett plan ved en gitt posisjon av lydhodet (10). Imidlertid kan kateteret styres slik at man med små endringer i kateterposisjon



Figur 5 Intrakardial ultralydregistrering med visualisering av atriaseptumdefekt (ASD), a) uten og b) med fargedopplerundersøkelse. Med fargedoppler ses blodstrømmen (farget rød) gjennom septumdefekten, fra venstre til høyre atrium. HA = høyre atrium, VA = venstre atrium



Figur 6 Tredimensjonale ekkokardiografiske bilder av aortaklaff sett ovenfra, i a) lukket og b) åpen posisjon. Bildene er stilt til rådighet av Reidar Bjørnerheim, Ullevål universitetssykehus

kan visualisere de ulike delene av hjertet i flere plan.

Intrakardial ekkokardiografi er i ferd med å bli en metode til klinisk bruk (10). Den er velegnet for å veilede elektrofysiologiske undersøkelses- og behandlingsprosedyrer, som ved nødvendig transeptal kateterisering og for sikring av ønskede posisjoner av elektrodekatetene. Samtidig vil ev. komplikasjoner som perforasjon til perikard kunne oppdages og behandles umiddelbart. I tillegg vil metoden kunne få en rolle i veiledningen av perkutan lukking av septumdefekter, perkutan ballongdilatasjon av mitralstenose og ved komplisert intrakardial biopsitaking.

Tredimensjonal ekkokardiografi

Tredimensjonal ekkokardiografi muliggjør romlig fremstilling av intrakardiale strukturer (fig 6), og vil derved kunne øke det diagnostiske utbyttet av ekkokardiografiske undersøkelser.

Inntil nylig har metoden krevd sekvensiell todimensjonal avbildning i flere plan med forskjellig orientering, med samtidig registrering av EKG og respirasjonsfase (11). Ut fra avbildninger i samme fase av hjerte- og respirasjonssyklus, kan det så rekonstrueres tredimensjonale bilder.

I tillegg til at dette er relativt tungvint, kan man på denne måten ikke gjennomføre selve undersøkelsen i tredimensjonal modus. Imidlertid er tredimensjonale sanntidsregistreringer nylig blitt mulig ut fra todimensjonale registreringer i flere plan samtidig. Dette vil gjøre metoden enklere og mer anvendelig.

Venstre ventrikkels volum målt med tredimensjonal ekkokardiografi korrelerer meget godt med resultatene fra kontrastangiografi og magnetisk resonansundersøkelse (11).

Målevariabiliteten er dessuten mindre enn med todimensjonal ekkokardiografi. Slik bestemmelse av ventrikkelvolum og masse

vil kunne ha særlig betydning hos barn med funksjonelt univentrikulære hjerter, siden forholdet mellom masse og volum er en viktig prediktor for behandlingsresultat og prognose.

Ved medfødte hjertefeil vil tredimensjonal ekkokardiografi kunne gi viktig informasjon i tillegg til funnene ved todimensjonal undersøkelse (11). Metoden antas også å få betydning for perkutan lukking av septumdefekter, som ikke bare krever opplysning om defektens størrelse, men også om deres form og romlige relasjon til omkringliggende strukturer.

Tredimensjonal ekkokardiografi vil trolig også spille en viktig rolle i diagnostikk og behandling av ervervede klaffefeil, særlig ved mitralinsuffisiens. Operativ behandling av mitralinsuffisiens er mest fordelaktig med klaffebevarende kirurgi (mitralplastikk) hvis forholdene ligger til rette for det. Kartlegging av mitralklaffenes morfologi og funksjon med tredimensjonal avbildning vil kunne bidra vesentlig til å avklare om forholdene er egnet for slik reparativ kirurgi.

Tredimensjonal ekkokardiografi er fortsatt under utvikling, men har et betydelig potensial for klinisk bruk, særlig ved medfødte hjertefeil og ervervet klaffesykdom.

Oppgitte interessekonflikter: Forfatteren har mottatt reisestøtte fra GE Vingmed Ultrasound, som produserer ultralydutstyr, og Astra Tech, som markedsfører ultralydkontrast.

Litteratur

- Hatle L, Sutherland GR. Regional myocardial function – a new approach. *Eur Heart J* 2000; 21: 1337–57.
- Heimdal A, Støylen A, Torp H, Skjærpe T. Real-time strain rate imaging of the left ventricle by ultrasound. *J Am Soc Echocardiogr* 1998; 11: 1013–9.
- Urheim S, Edvardsen T, Torp H, Angelsen B, Smiseth OA. Myocardial strain by Doppler echocardiography. Validation of a new method to quantify regional myocardial function. *Circulation* 2000; 102: 1158–64.
- Gorcsan J III. Tissue Doppler echocardiography. *Curr Opin Cardiol* 2000; 15: 323–9.
- Bax JJ, Molhoek SG, Marwick TH, van Erven L, Voogd PJ, Somer S et al. Usefulness of myocardial tissue Doppler echocardiography to evaluate left ventricular dyssynchrony before and after biventricular pacing in patients with idiopathic dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 2003; 91: 94–7.
- Marwick TH. Stress echocardiography. *Heart* 2003; 89: 113–8.
- Marwick TH. Quantitative techniques for stress echocardiography: dream or reality? *Eur J Echocardiography* 2002; 3: 171–6.
- Mulvagh SL, DeMaria AN, Feinstein SB, Burns PN, Kaul S, Miller JG et al. American Society of Echocardiography Task Force on Standard and Guidelines for the Use of Ultrasonic Contrast in Echocardiography. Contrast echocardiography: current and future applications. *J Am Soc Echocardiogr* 2000; 13: 331–42.
- Nissen SE, Yock P. Intravascular ultrasound: novel pathophysiological insights and current applications. *Circulation* 2001; 103: 604–16.
- Bruce CJ, Friedman PA. Intracardiac echocardiography. *Eur J Echocardiography* 2001; 2: 234–44.
- Lange A, Palka P, Burstow DJ, Godman MJ. Three-dimensional echocardiography: historical development and current applications. *J Am Soc Echocardiogr* 2001; 14: 403–12.