

## Artikkel 2d

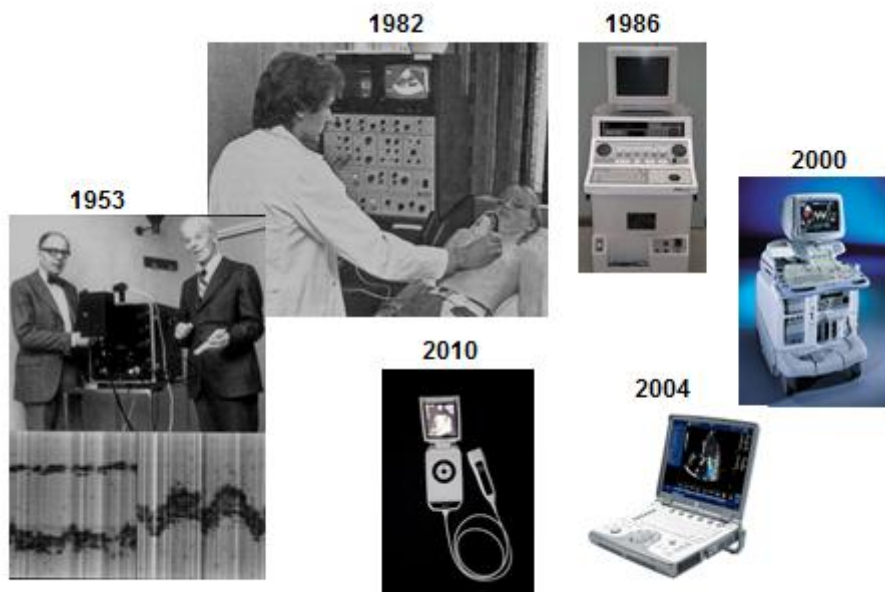
### Innføring i klinisk bruk av ekkokardiografi

Svend Aakhus, OUS, Rikshospitalet

#### 1. Innledning

Ekkokardiografi er ufarlig, gir lite ubehag, og gir raskt en detaljert innsikt i hjertets morfologi, funksjon og hemodynamikk. Teknikken kan brukes ”bedside” og er tilgjengelig ved de aller fleste sykehus. Ekkokardiografi har for en stor del erstattet invasive (blodige) trykkmålinger og røntgenundersøkelser ved vurdering av klaffefeil og av hjertefunksjon. Nylig har også små håndholdte, rimelige apparater blitt tilgjengelige (Figur 1).

Figur 1



Figur 1. Hjerterultralyd-apparatur. Teknologisk utvikling fra Edler og Herz' utviklet det første ekkokardiografi-apparatet i 1953 via avanserte store ekko-apparater til miniaturiserte modeller.

## **2. Indikasjoner for ekkokardiografi**

Ekkokardiografi er indisert hos pasienter med kardial bilyd, hos pasienter med redusert arbeidskapasitet og dyspne, atypiske brystmerter eller synkoper, samt pasienter med patologisk EKG og forstørret hjerte på rtg. thorax. Ekkokardiografi inngår også i kontrollopplegg for pasienter med klaffefeil, kardiomyopater, gjennomgått hjerteinfarkt eller hjertekirurgi, spesielt da etter hjerteklaffeoperasjon.

## **3. Ekkokardiografiske teknikker**

Ved å sende ultralydbølger (> 1 MHz) inn i vevet kan man avbilde hjertets strukturer (m-mode og grå-tone bilder), og også måle blodstrøms- og vevshastigheter ved hjelp av Doppler prinsippet. M-mode og gråtonebilder brukes til å vurdere hjertekamrenes dimensjoner og ventriklens sammentrekningssevne. Doppler målinger av blodstrømhastigheter brukes til å beregne minuttvolum, samt trykkfall (gradient) over klaffeforsnevninger (stenoser) og lekkasjer (insuffisienser), samt til å vurdere hjertets fylningsevne (diastolisk funksjon) og tømningsevne (systolisk funksjon). VevsDoppler benyttes til å vurdere hastigheter i myokard gjennom hjertesyklus, noe som også kan benyttes til å vurdere systolisk og diastolisk funksjon. Ved å kombinere grå-tone bilder og Doppler kan en få fremstilt blodstrømmens retning og hastighet (fargeDoppler). Dette er nyttig ved for eksempel klaffefeil og intrakardiale shunter.

## **4. Ekkokardiografiske undersøkelsesmetoder**

Ved transthorakal ekkokardiografi (TTE) gjøres undersøkelsen med probe plassert på pasientens brystkasse, i jugulum og subcostalt. De aller fleste kardiale tilstander kan kartlegges ved TTE.

Ved transøsofagusekkokardiografi (TEE) plasseres en spesiallaget probe i øsofagus bak hjertet. TEE gir en mer detaljert fremstilling av atrier med aurikler, lungevener, mitral- og aortaklaff, og av aorta thorakalis. TEE er spesielt aktuelt før hjerteoperasjon på klaffer, ved mistanke om endokarditt, ved utredning av atriaseptumdefekt, samt ved thorakal aortasykdom.

Andre modaliteter som stressekkokardiografi og bruk av ultralydkontrast omtales ikke her.

## 5. Den ekkokardiografiske undersøkelse

### 5.1 Standard bildeplan ved TTE (Tabell 1)

En standard ekkokardiografiundersøkelse inneholder m-mode (Figur 2), 2D gråtone (Figur 3), Doppler, fargeDoppler (Figur 4) og eventuelt også vevsDoppler (Figur 5). En bør da kunne gi beskrive venstre ventrikkels dimensjoner og funksjon, klaffenes funksjon, atriernes størrelse, høyre ventrikkels funksjon og trykk i lungekretsløpet, og om det foreligger økt perikardvæske (Tabell 2). Veiledende normalverdier er gitt i Tabell 3.

### 5.2 Systolisk venstre ventrikkel funksjon

De mest brukte mål på venstre ventrikkels kontraksjoner er fraksjonert forkortning (FF %) og ejsjonsfraksjon (EF %). FF %, beregnes ut fra venstre ventrikkels diameter i ende-diastole (LVIDd) og ende-systole (LVIDs), oftest fra m-mode:

$$\text{FF \%} = 100 \% \times (\text{LVIDd} - \text{LVIDs}) / \text{LVIDd}$$

Normalt er FF % over 28 %. Dersom venstre ventrikkel har regionale kontraksjonsforstyrrelser, bør man bruke EF % som beregnes fra venstre ventrikkels volumer. Volumene beregnes i ende-diastole (EDV) og i ende-systole (ESV) ved hjelp av såkalt modifisert Simpson's metode (Figur 6):

$$\text{EF \%} = 100 \% \times (\text{EDV} - \text{ESV}) / \text{EDV}$$

Normalt er EF over 50 %. EF på 40- 50 %, 30-40 % og <30 % svarer til en henholdsvis lett, moderat og betydelig nedsatt venstre ventrikkel funksjon.

### 5.3 Diastolisk venstre ventrikkel funksjon

Diastolisk dysfunksjon betyr en unormal fylning av ventriklene, og foreligger så å si alltid når man har betydningsfull svekkelse av venstre ventrikkels systolisk funksjon, men kan også foreligge isolert. Bedømming av diastolisk funksjon omtales ikke nærmere i dette kurset.

## 5.4 Høyre ventrikkels funksjon

Bedømmelse av høyre ventrikkels systoliske funksjon er en utfordring. Vanligvis vurderes veggtykkelse, kontraksjoner og dimensjoner. I tillegg kan mål på ventrikkelenes langaksebevegelse være nyttig. Bedømming av høyre ventrikkel funksjon omtales ikke nærmere i dette kurset.

## 5.5 Hemodynamikk

### 5.6 Måling av trykkfall (gradient)

Man kan ved hjelp av Doppler teknikk måle trykkfall over klaffer. Sammenhengen mellom trykkfall og blodstrømhastighet beskrives av den forenklede Bernoullis ligning:

$$\Delta P = 4 v_2^2$$

Det fremgår av formelen at gradienten (trykkfallet) er proporsjonalt med fire ganger kvadratet av blodstrømhastigheten. Dette innebærer at en relativt liten økning i blodstrømhastighet medfører en nokså stor økning i trykkgradient.

Beregning av minuttvolum er en viktig del av en komplett ekkokardiografisk undersøkelse, og omtales detaljert i referansene 1-3.

## 6. Ekkokardiografisk utredning av hjertesykdommer

### 6.1 Hjertesvikt

Hjertesvikt oppstår når venstre ventrikkel ikke makter å pumpe ut den blodmengde som er nødvendig for vanlig aktivitet. Årsaken er som regel svekkelse av myokard på grunn av iskemisk hjertesykdom, kardiomyopati eller myokarditt. Venstre ventrikkel dilaterer, fylningstrykket og trykk i lungekretsløpet øker, og pasienten opplever dyspne.

Ekkokardiografisk påvises typisk en dilatert venstre ventrikkel med reduserte kontraksjoner og EF % < 40 %, dilatert venstre atrium (areal > 25 cm<sup>2</sup>), økte fylningstrykk og pulmonal hypertensjon (systolisk høyre ventrikkel trykk > 35 mmHg).

## **6.2 Ekkokardiografisk utredning av iskemisk hjertesykdom**

Pasienter med angina pectoris kan godt ha helt normale dimensjoner og kontraksjoner i venstre ventrikkel, men ofte sees hypokinetiske segmenter, dvs. myokard med redusert fortykning i systole. Sekundær mitralinsuffisiens oppstår da ofte som et resultat av nedsatte kontraksjoner i nedrevegg og lateralt, eller pga dilatasjon av venstre ventrikkel og mitralring.

Ved akutt hjerteinfarkt sees infarktområdet hypokinetisk eller akinetisk med hyperdynamiske kontraksjoner i det normale gjenværende myokard slik at EF % og minuttvolum ofte bare er lett redusert selv om infarkt kan være ganske stort. Med ekkokardiografi kan man påvise typiske komplikasjoner til akutt hjerteinfarkt som aneurysme (Figur 7), intraventrikulær trombe (Figur 8), akutt mitralinsuffisiens på grunn av papillemuskel-dysfunksjon eller -ruptur, og ventrikkelseptumruptur pga morkent vev i et septalt infarkt område. De to siste tilstandene innebærer en meget høy risiko for pasienten som oftest vil ha behov for akutt kirurgisk behandling.

## **6.3 Ekkokardiografisk utredning av hjerteklaffefeil (se også Tabell 4)**

### **6.3.1 Aortastenose**

Ved ekkokardiografi får en god oversikt over aortaklaffens utseende, kuspens antall og bevegelse (Figur 9). Med fargeDoppler ser man retning, lokalisering og utbredelse av økte blodstrømhastigheter på grunn av aortastenose eller -insuffisiens. Med kontinuerlig Doppler måles de høyeste blodstrømhastighetene over aortaklaffen, og maksimal- og middelgradient kan beregnes. Ved alvorlig aortastenose er klaffens åpningsareal under  $1.0 \text{ cm}^2$  og middelgradienten som regel minst 40 mmHg.

Stenosens åpningsareal kan beregnes ut fra kontinuitetslikningen der man benytter slagvolumet, arealet av utløpstrakten og gradienten over stenosen, se også Figur 9.

Vinkelen mellom blodstrømsretning og Dopplerstrålen må ikke overstige 20 grader, ellers blir hastighetsmålingene falskt lave ( $> 6\%$  avvik fra sann hastighet), og det er viktig å bruke alle tilgjengelige transthorakale vinduer for å få en god registrering av gradienten. For nærmere beskrivelse av metoden samt for beregning av slag- og minuttvolum vises til referansene 1 - 3.

### **6.3.2 Aortainsuffisiens**

Aortainsuffisiens skyldes vanligvis degenerasjon av aortaklaffen, men kan også oppstå ved en bikuspid aortaklaff og ved dilatasjon av aortaroten. Små aortainsuffisienser har vanligvis ingen klinisk betydning. Det er de store insuffisiensene som får betydning for pasientene.

Med ekkokardiografi påviser en hvor insuffisiensen sitter i klaffeplanet, samt dens relative størrelse (Figur 10). En stor aortainsuffisiens karakteriseres ved en bred diastolisk fargeDoppler-jet fra aortaklaffeplanet og ned i midtre eller apikale deler av ventrikkelen. Doppler teknikker for kvantitering av insuffisiens størrelse omtales ikke nærmere i dette kurset

En spesiell situasjon oppstår ved akutt stor aortainsuffisiens, for eksempel ved endokarditt eller aortadisseksjon. Diastolisk trykk i venstre ventrikkel samt atrietrykk og trykk i lille kretsløp kan da akutt bli betydelig øket. Tilstanden kan være livstruende og kreve akutt kirurgisk klaffeerstatning.

#### 6.3.4 Mitralfeil

Mitralinsuffisiens skyldes enten dilatasjon av venstre ventrikkel og mitralring, svekkelse av papillemuskel eller tilgrensende venstre ventrikkelvegg, eller unormal form på klaffeseilene. I systole lekker da blod forbi mitralklaffen og medfører en trykkstigning i venstre atrium og volumbelastning på venstre ventrikkel og atrium.

Ekkokardiografisk vurderes mitralinsuffisiens med fargeDoppler og Doppler (Figur 4 og 11). Ved 2D gråtone bilder får en fremstilt mitralseilenes form og funksjon, mitralringens størrelse samt dimensjoner og funksjon av venstre ventrikkel og papillemuskulatur samt venstre atrium. Ved stor mitralinsuffisiens er blodstrømsjet'en ved fargeDoppler bred, og går til basis av venstre atrium. Oftest er da venstre atrium dilatert, systolisk blodstrøm i lungevene reversert og det foreligger en viss pulmonal hypertensjon.

Best oversikt over mitralklaffens morfologi får man med transøsofagus-ekkokardiografi (TEE), eventuelt med 3D rekonstruksjon av klaffen.

Ved stor mitralinsuffisiens som gir symptomer bør man vurdere operativ behandling, og for mange pasienter er klaffereparasjon ved reparasjon av seilene med eller uten reduksjon av mitralringens størrelse, et meget godt alternativ.

Bedømmelse av mitralstenose omtales ikke i dette kurset.

## 6.4 Ekkokardiografisk utredning av perikardsykdommer.

Perikard kan begrense hjertets fylning og kan affiseres av infeksjoner, traume og svulster. Ekkokardiografisk påvises enkelt økt mengde perikardvæske, og også om denne påvirker hjertets fylning. Perikard omslutter høyre ventrikkel og atrium samt venstre ventrikkel, men ikke venstre atrium. Perikardvæske identifiseres lettest i parasternal kortakse som et lav-ekkoget sjikt mellom perikardbladene. I apikal 4 kammer ser en ofte økt perikardvæske ved apex og lateralt for venstre ventrikkel. Ved subcostalt opptak sees væske foran høyre ventrikkel og – atrium (Figur 12). Ved kroniske former for perikardvæske, som ved kroniske perikarditter eller tumorrelaterte perikardeffusjoner, kan man ekkokardiografisk se væskebremmer på flere centimeter uten at hjertets funksjon er påvirket vesentlig. Ved akutt tilkommet perikardvæske kan imidlertid så lite som en brem på 0.5 cm være nok til å utløse tamponade.

Hjertetamponade er en klinisk diagnose karakterisert av dyspne, takykardi, og halsvenestuvning hos pasient med perikardvæske. Ekkokardiografisk identifiseres væske bak venstre ventrikkel, og som regel ved høyre hjertehalvdel som er mer påvirkelig for perikardvæske siden ventrikkel-trykket er lavere. Øker perikardtrykket over trykket i hjertekamrene komprimeres disse (Figur 13). Konsekvensen av redusert fylning er øket fylningstrykk i høyre atrium med dilatasjon og etter hvert opphevet respirasjonsvariasjon i nedre hulvene, minuttvolumet reduseres og pasienten blir uttalt symptomatisk. Ekkokardiografisk foreligger da en øket respirasjonsvariasjon i blodstrømhastighetene i mitralostiet (> 25- 30%). Behandlingen av hjerte-tamponade er snarlig perikardiocentese med tapping av væske som gjøres ekkokardiografisk veiledet fra enten apikal eller subcostal posisjon.

## 7. Akutt lungeemboli

Ekkokardiografiske funn varierer med emboliens størrelse og betydning. En alvorlig lungeemboli vil vanligvis øke høyre ventrikkels arbeid og redusere venstresidig fylning og minuttvolum på grunn av tilstopping av lungearterier. Ved en stor lungeemboli ses oftest høyre ventrikkel moderat dilatert og hypokinetisk (Figur 27), trikuspidalinsuffisensen er ofte middels eller stor og høyre ventrikkels systoliske trykk er oftest 40 -50 mmHg som er det maksimale trykket høyre ventrikkel kan generere akutt.

## 8. Ekkokardiografisk utredning ved hjerneslag

Ved embolisk hjerneslag er det hos yngre pasienter (< 50 år) aktuelt å lete etter kardial embolikilde dersom man ikke kan påvise annen årsak som for eksempel atherosklerotiske plaques i aorta ascendens, aortabuene eller i halskar. Ekkokardiografisk gjøres da en konvensjonell transthorakal undersøkelse der man også leter etter tegn på kontraksjonsforstyrrelser i venstre ventrikkel, tromber i venstre ventrikkel, eller klaffesykdom venstre side, spesielt da mitralstenose. En kan også visualisere eventuelle septumdefekter ved fargeDoppler eller ved kontrastering med boblekontrast med fysiologisk saltvann. Ved transøsofagus-ekkokardiografi får en som regel meget god oversikt over atriene. En ser etter trombe i venstre atrium eller aurikkel, samt om det foreligger atriaseptumdefekter eller åpenstående foramen ovale.

## 9. Ekkokardiografisk utredning ved infeksjoner

Det er ofte aktuelt å undersøke om hjertet kan være utgangspunktet ved infeksjoner med ukjent fokus. Ved ekkokardiografi kartlegges ventriklens dimensjoner og funksjon, om det foreligger perikardvæske og klaffefeil. Ekkokardiografiske tegn på perikarditt er først og fremst funn av perikardvæske. Ved myokarditt kan venstre ventrikkel bli uttalt hypokinetisk og dilatert, minuttvolumet lavt, og pasienten kan få en progredierende alvorlig hjertesvikt og livstruende situasjon. Ved endokarditt ser en ekkokardiografisk gjerne unormale forhold ved klaffene, både vegetasjoner og destruksjon (Figur 14). Med transthorakal ekkokardiografi identifiseres klaffelekkasjenes utbredelse retning og størrelse, og ved transøsofagus-ekkokardiografi får en detaljert informasjon om klaffenes utseende og funksjon, og om det foreligger vegetasjoner, abscesser eller fistler (Figur 15). Hos pasienter med klaffeprotoser bør ekkokardiografi og transøsofagus-ekkokardiografi utføres tidlig i utredning av infeksjon med ukjent fokus.

## Utvalgte referanser

1. Aakhus S. Ekkokardiografi. I: Forfang K, Istad H: Kardiologi, en klinisk veileder. Gyldendal Akademisk, Oslo 2011, 50-79. (*Introduksjon til klinisk bruk av ekkokardiografi*).
2. Hatle L and Angelsen B. Doppler Echocardiography. Lea & Febiger, 1985 (*Detaljert og fortsatt aktuell oversikt over teoretiske aspekter og klinisk bruk av Doppler*).
3. Otto C. Textbook of clinical echocardiography. 4<sup>th</sup> edition. 2010. Saunders. (*God lærebok om ekkokardiografi*).

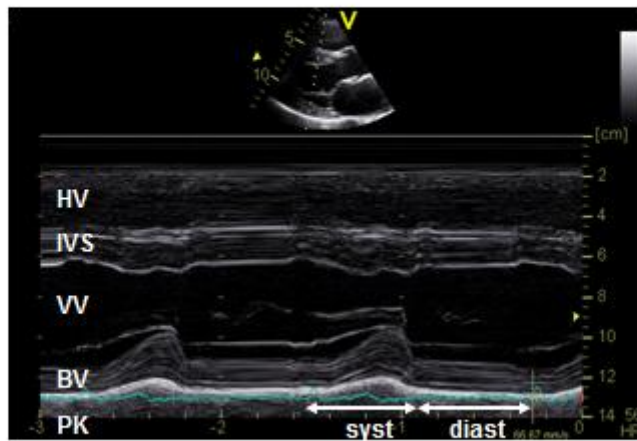


4. Lang R et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. [J Am Soc Echocardiogr](#). 2005;18:1440-63. (*Oversiktlig konsensusdokument over hvordan utføre endel ekkokardiografiske målinger*).

## Figurer

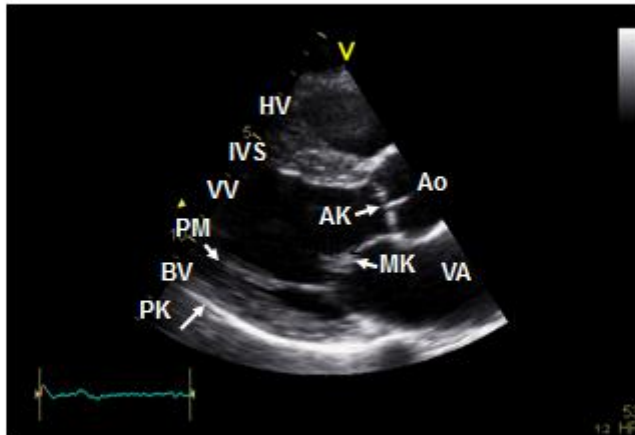
(se også eget dokument for bedre billedkvalitet)

Figur 2. Normalt hjerte. M-mode registrering fra parasternal posisjon. syst=systole, diast=diastole, HV=Høyre ventrikkle, IVS=Interventrikulær septum, VV=Venstre ventrikkle, BV=Bakre vegg, PK=perikard



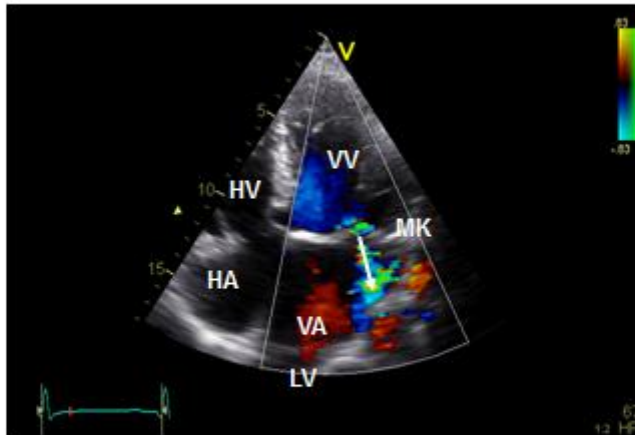
Figur 3. Normalt hjerte. Parasternal langakse, 2D gråtone-avbildning. Forkortelser som i Figur 2, ellers AK=Aortaklaff, Ao=Aorta ascendens, MK=Mitralklaff, VA=venstre atrium, PM=papillemuskel.

Figur 3



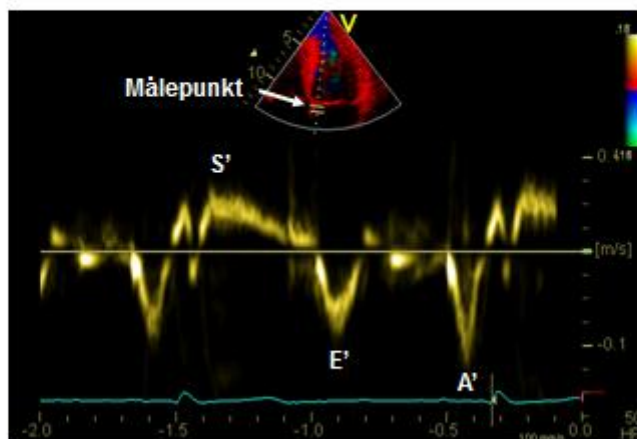
Figur 4. Apikal 4 kammer opptak, 2D gråtone med fargeDoppler, systole. Forkortelser som i Figur 2, ellers LV=lungevene (øvre høyre), HA=Høyre atrium. Mitralinsuffisiens (pil): systolisk blodstrøm med høye hastigheter fra VV til VA gjennom MK.

Figur 4



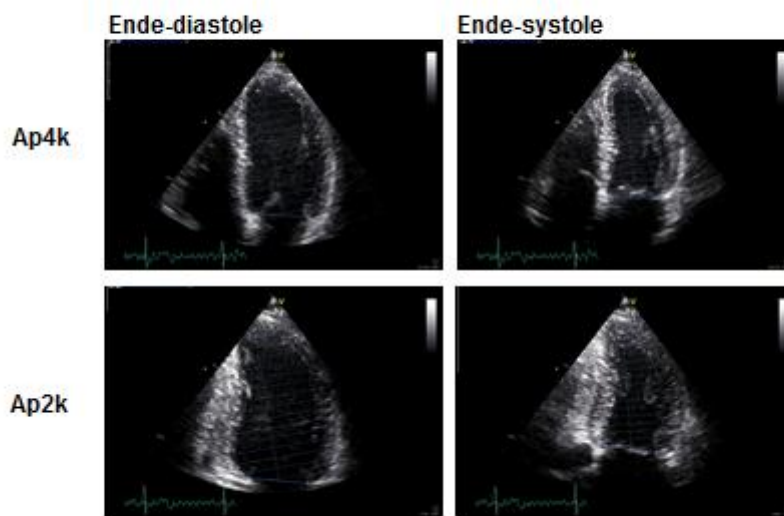
Figur 5. Pulset vevsDoppler registrering fra septale mitralring (målepunkt). S'=maksimal systolisk vevshastighet, E'=maksimal tidlig diastolisk vevshastighet, A'=sen diastolisk vevshastighet (sammenfallende med atriekontraksjonen).

Figur 5



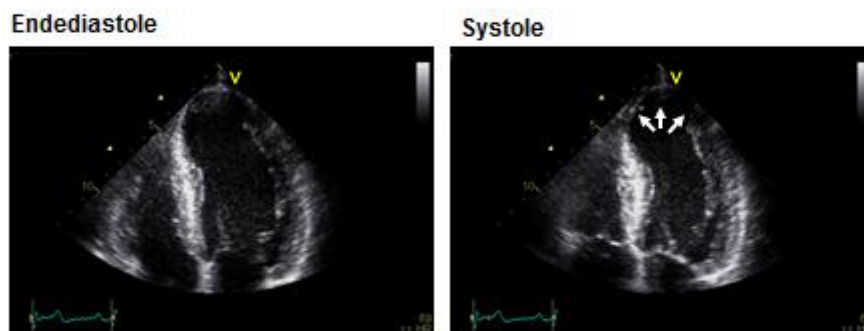
Figur 6. Beregning av venstre ventrikkels ejsjonsfraksjon, EF, ved Simpson biplan metode). Venstre ventrikkels endokardkonturer trekkes på apikal 4-kammer og 2 kammer (evt. apikal lang-akse) i endediastole og endesystole. Utfra konturene konstrueres et volum (summasjon av skiver) av venstre ventrikkels lumen i endediastole (EDV) og i endesystole (ESV). EF beregnes som  $EDV-ESV/EDV$ . I det viste tilfellet er EDV 99 mL, ESV 33 mL og EF er 67%.

Figur 6



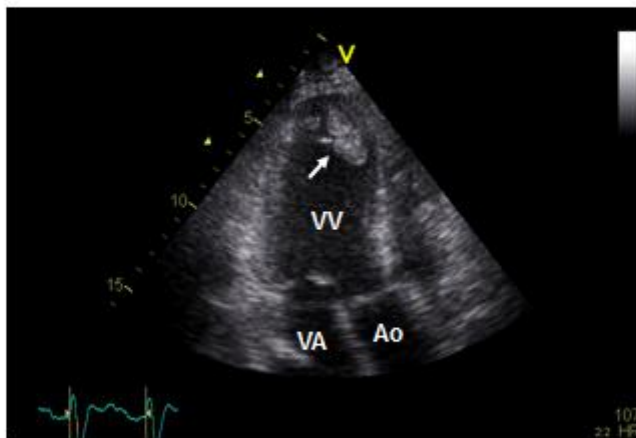
Figur 7. Infarkt-skadet venstre ventrikkel. Apikal 4 kammer bildeplan med endediastole til venstre og systole til høyre, viser apikalt aneurysme. Systolisk ekspansjon (piler) av apexregionen karakteristisk for apikalt aneurysme.

Figur 7



Figur 8. Apikal venstre ventrikkel trombe. Apikal lang-akse avbildning viser trombe (pil) i apex av venstre ventrikkel. VV=venstre ventrikkel, VA=Venstre atrium, Ao=aortae ascendens.

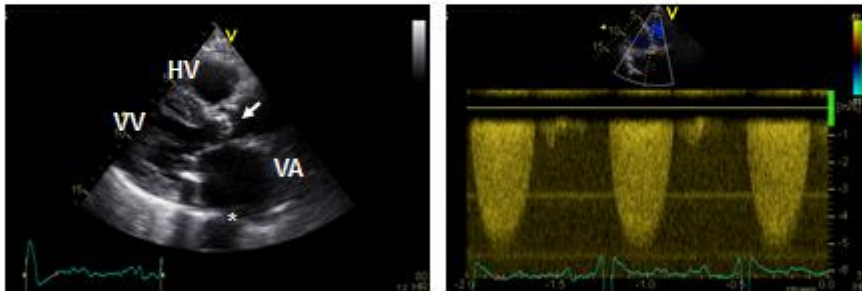
Figur 8





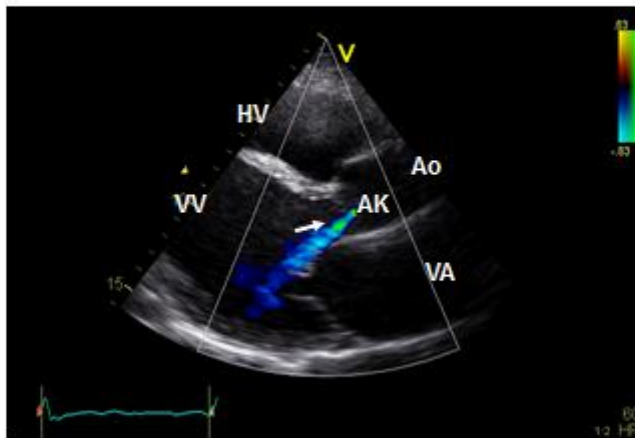
Figur 9. Aortastenose. Venstre panel: parasternal lang-akse 2D gråtone (systole). Økt ekkogenisitet i aortaklaff (pil) med kalkskygge (\*). Minimal åpning av aortaklaffen. Litt kalk også i bakre mitralseil (\*) som imidlertid fungerer bra. Høyre panel: kontinuerlig Doppler registrering fra apex gjennom aortaklaff viser maksimal blodstrømhastighet på 5.3 m/s svarende til en maksimal gradient på 114 mmHg etter den forenklete Bernoulli-ligning. Middelgradient er 78 mmHg. Venstre ventrikkels utløpsdiameter er 2.0 cm og slagvolumet er 44 mL. Målt hastighets-tids integral i stenosen og i venstre utløp er henholdsvis 149 cm og 17,5 cm. Utfra kontinuitetsligningen beregnes da et klaffeareal på 0,4 cm<sup>2</sup>.

Figur 9



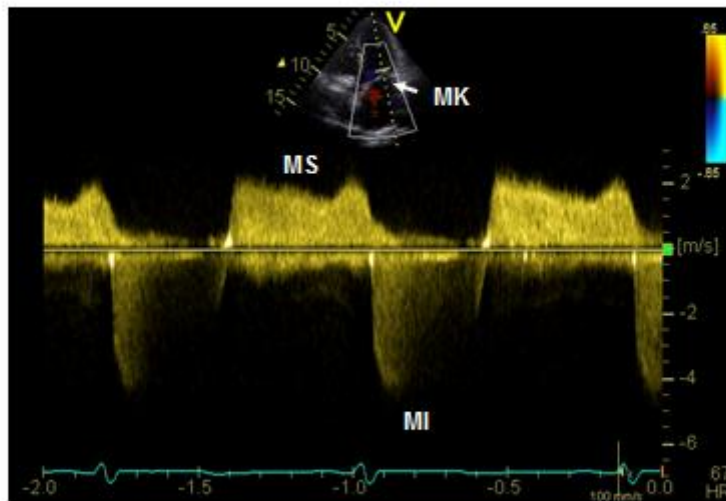
Figur 10. Aortainsuffisiens. Parasternal lang akse, 2D gråtone med fargeDoppler (endediastole). Liten aortainsuffisiens (pil). AK=aortaklaff, Ao=aortae ascendens, HV=Høyre ventrikkel, VV=venstre ventrikkel

Figur 10



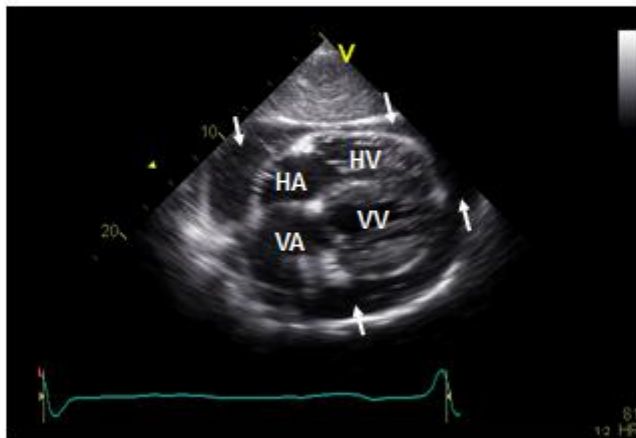
Figur 11. Kombinert mitralstenose og mitralinsuffisiens. Kontinuerlig Doppler registrering gjennom mitralklaff. Antegrad rettet blodstrøm med økte hastigheter i diastole representerer mitralstenose, MS. Retrograd rettet blodstrøm med økte hastigheter i systole representerer mitralinsuffisiens, MI.

Figur 11



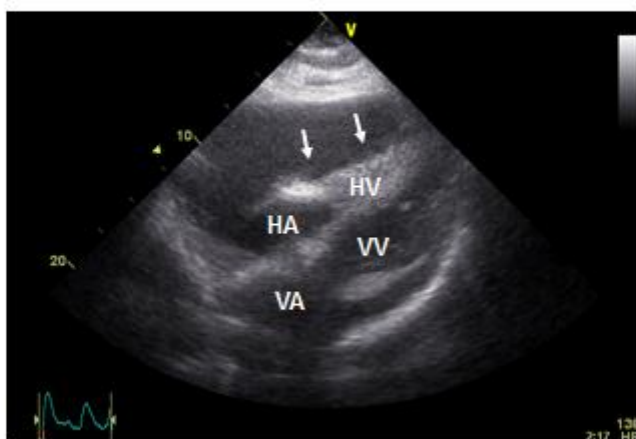
Figur 12. Kronisk perikardvæske. Subcostalt 2D opptak. Rikelig med perikardvæske bak venstre ventrikkel, ved apex, ved høyre atrium og noe mindre ved høyre ventrikkel. Det er ingen tegn til kompresjon av kamrene.

Figur 12

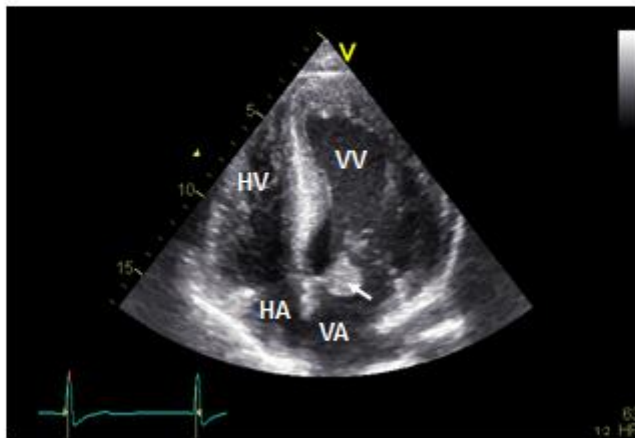


Figur 13. Tamponade. Subcostal 4-kammer opptak, endediastole. Rikelig med perikardvæske ved høyre ventrikkel som er komprimert (pil). Bemerkt hjertefrekvens på 136 forenlig med uttalt hemodynamisk påvirkning med redusert slag- og minutt-volum på grunn av tamponaden.

Figur 13

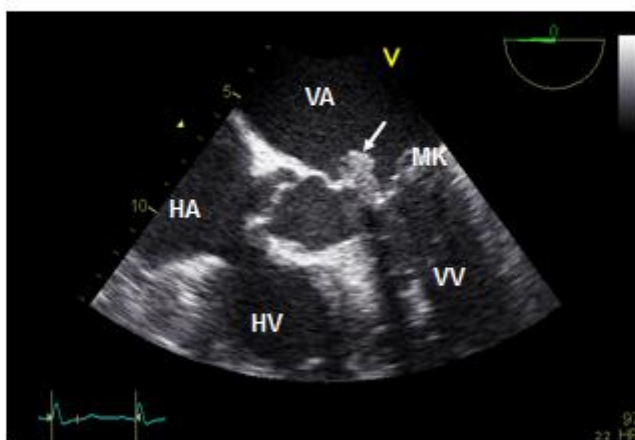


Figur 14. Endokarditt med vegetasjoner på mitralklaff. Apikal 4 kammer opptak, 2D gråtone. På atriesiden av fremre mitralseil sees en stor bevegelig masse (pil) forenlig med en vegetasjon.



Figur 15. Endokarditt med vegetasjoner på mitralklaff. Transøsofagus ekkokardiografi, 0 grader. Vegetasjon (pil) på atriesiden av fremre mitralseil. VA=Venstre atrium, MK=Mitralklaff, VV=Venstre ventrikkel, HA=Høyre atrium, HV=Høyre ventrikkel.

Figur 15



## Tabeller

### Tabell 1

Ekkokardiografiske bildeplan (transthorakalt)

- Parasternal langakse
- Parasternal kortakse
- Apikal 4-kammer
- Apikal 2-kammer
- Apikal langakse
- Subcostalt opptak
- Suprasternalt opptak

### Tabell 2

Standard ekkokardiografisk evaluering inneholder:

- Tykkelse av septum
- Dimensjon av venstre ventrikkel
- Venstre ventrikkels funksjon
- Minuttvolum
- Aortaklaffens utseende og funksjon
- Mitralklaffens utseende og funksjon
- Venstre atriums størrelse
- Høyre ventrikkels størrelse og funksjon
- Estimert systolisk trykk i høyre ventrikkel

### Tabell 3

Ekkokardiografiske normal-data for voksne:

- Interventrikulære septum = 1.0 cm
- Venstre ventrikkels endediastoliske diameter: < 5.5 cm (3.2cm/m<sup>2</sup>)
- Fraksjonert forkortning: 28-40 %
- Ejeksjonsfraksjon: >50 %
- Venstre atrium areal, menn < 18 cm<sup>2</sup>, kvinner < 16 cm<sup>2</sup>
- Minuttvolum, indeksert: > 2.5 L/min/m<sup>2</sup>
- Systolisk høyre ventrikketrykk: < 30 mmHg

- Blodstrøms hastigheter i hjertet:  $< 1.5 \text{ m/s}$