

Transtorakal ultralyd: en nødvendig standard inden for intensiv, akut og præhospital medicin

Afdelingslæge Maiken Brit Jensen & overlæge Erik Sloth

H:S Rigshospitalet, Thoraxanæstesiologisk Afdeling, og
Århus Universitetshospital, Skejby Sygehus,
Anæstesiologisk/intensiv Afdeling

Evaluerings af patienter med cirkulatorisk svigt er baseret på information opnået ved den kliniske undersøgelse og ved hæmodynamisk monitorering. Både den kliniske undersøgelse og den konventionelle monitorering er imidlertid uspecifik og utilstrækkelig og giver kun sjældent den direkte årsag til den hæmodynamiske tilstand. Således afspejler bestemmelse af hjertets minutvolumen, timediuresser og arterielle og venøse iltmætninger den globale kardiale funktion, hvorimod de enkelte delelementer ikke lader sig beskrive herved. Kategorisation af arteria pulmonalis har gennem mange år været den foretrukne metode ved monitorering af den kritisk syge patient; det er dog aldrig vist, at resultatet har kunnet bedres ved brug af denne metode. *Preload*, *afterload* og kontraktilitet (systolisk funktion) samt komplians og relaksation (diastolisk funktion) lader sig på denne måde kun beskrive via surrogparametre. Eksempelvis tages fyldningstrykket i højre forkammer (centralt venetryk (CVP)), indkilingstrykket i arteria pulmonalis-gren eller lidt bedre fyldningstrykket i venstre forkammer (*left atrial pressure* (LAP)) som udtryk for venstre ventrikels (VV) *preload*, uden hensyntagen til relationen mellem højre og venstre side af hjertet over lungerne, komplians af lunger og kar samt eventuel klappatologi. Et fysiologisk mere korrekt estimat af hjertets fyldningsgrad fås ved billeddannelse af hjertet. Ved ultralyd kan vurdering af *preload* baseres på enten relativt simple volumetriske principper med en-, to- og tredimensional kvantificering af dimensioner, arealer eller volumener eller mere komplicerede Doppler-baserede metoder. Nyere undersøgelser tyder på, at man på baggrund af de respiratoriske svingninger i vena cava inferior vurderet med ultralyd kan forudsige, hvilke patienter som vil respondere på volumenterapi [1].

Afterload er traditionelt kvantificeret vha. systemtryk og perifer modstand uden hensyntagen til ventrikelgeometri, idet disse informationer ikke har været tilgængelige. Billeddannelse med måling af kavitet- og vægtykkelser muliggør kortlægning af disse forhold og kvalificeret valg af strategi. Det må erindres, at i henhold til La Places lov om vægspænding [2] drejer *afterload* sig om at besvare spørgsmålet om, hvorvidt ventriklen er hypertrofisk med lille kavitet eller dilateret og tyndvægget. Spørgsmålet lader sig som regel hurtigt

besvare ved en visualisering af hjertet f.eks. med todimensionel ultralyd.

I den daglige klinik opfattes uddrivningsfraktionen (*ejection fraction* (EF)) som det bedste mål for VV's globale kontraktilitet. Ekkokardiografisk eksisterer der flere kvantitative og semikvantitative metoder til bestemmelse af EF. Metoderne er meget forskellige mht. tidsforbrug og præcision, og i praksis har det vist sig, at simpel *eye-balling* ud fra todimensionale billeder med fordel kan benyttes af en øvet ekkokardiografør [3]. Afhængigheden af *preload* og *afterload* gør de volumetriske metoder usikre; et forhold der i nogen grad kan tages højde for ved *eye-balling*-princippet, hvorved også regional kontraktilitet kan vurderes.

Hvad angår vurdering af den VV-diastoliske funktion har man i praksis måttet forlade sig på antagelser og intuition. Transmitral blodgennemstrømningshastigheder E (*early*)- og A (*atrial*)-ratio bestemt med *pulsed*-Doppler-metoden kan bidrage med informationer om den diastole funktion. Tolkningen af Doppler-kurverne er imidlertid ikke entydig og kan kun anbefales foretaget af øvede ekkokardiografører. *Wave propagation* er en farve-Doppler-metode, som er udsagt til at være mindre *load*-afhængig end *pulsed*-Doppler-metoden [4].

Faktaboks

Konventionel monitorering er ofte uspecifik og utilstrækkelig ved vurdering af den hæmodynamisk instabile patient.

Ekkokardiografisk visualisering af hjertet bidrager væsentligt ved vurdering af Starling-parametrene *preload* og *afterload*.

Ekkokardiografi muliggør skelnen mellem systolisk og diastolisk dysfunktion ved cirkulatorisk svigt.

Ultralydudstyr har gennemgået en udtalt teknisk udvikling med miniaturisering og samtidig inkorporering af væsentlige nye modaliteter.

Focus assessed transthoracic echocardiography (FATE), dvs. forkortede ekkoprotokoller er introduceret og anvendt med stort udbytte i intensivt regi, modtageregereg og præhospitalt regi.

Danmark har i flere år været toneangivende inden for feltet med inkorporering af FATE som standard ved vurdering af den kritisk syge patient.

FATE bør og kan læres af alle, der har med cirkulatorisk ustabile patienter at gøre.

VIDENSKAB OG PRAKSIS | STATUSARTIKEL

Metoden er ret omstændelig og kræver ligeledes stor erfaring, hvilket gør den uegnet i akutte situationer. En mere simpel tilgang er derfor ønskelig, og her vil konstatering af god systolefunktion kombineret med ventrikulhypertrofi og fravær af anden patologi kunne henlede opmærksomheden på mulig diastolisk dysfunktion. Eftersom hjertesvigt på grund af systolisk og diastolisk dysfunktion er grundlæggende forskellig, er en skelnen af stor klinisk betydning. I et studium havde omkring halvdelen af patienterne med akut lungeødem normal systolisk funktion på den todimensionale ekkokardiografi; i de fleste tilfælde blev årsagen til svigtet beskrevet som diastolisk dysfunktion [5].

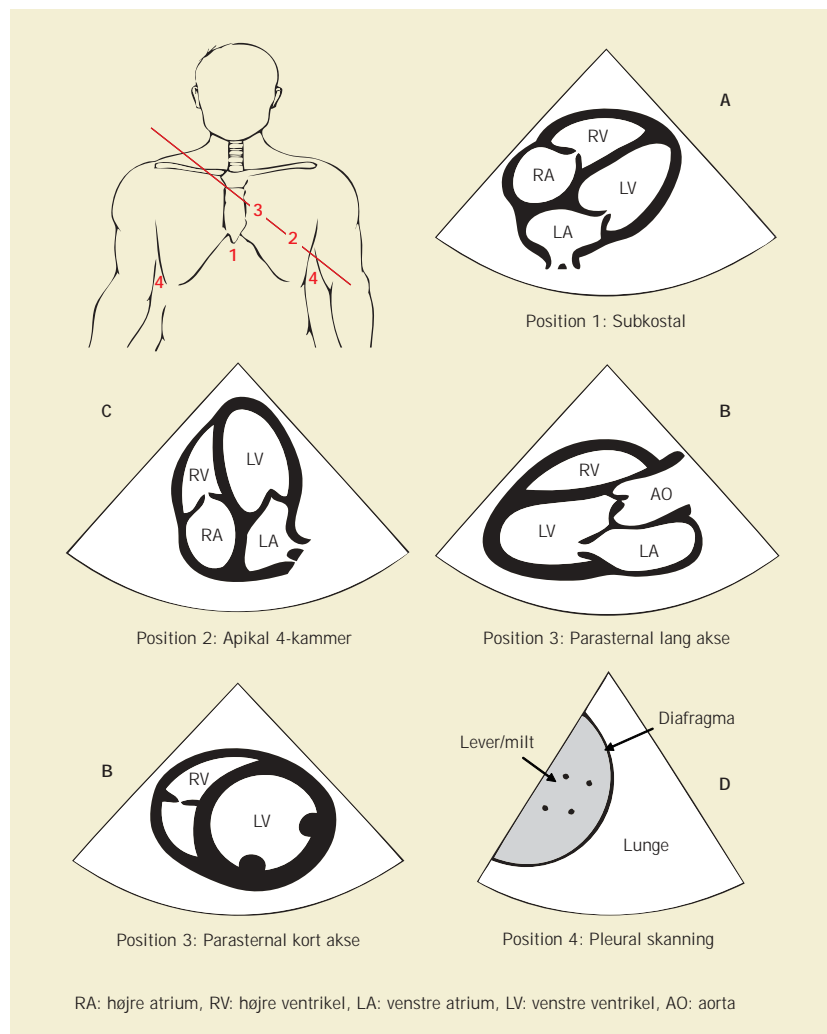
Sluttelig skal nævnes en række meget alvorlige patologiske tilstande, som klinisk ofte volder differentialdiagnostiske vanskeligheder, men som forholdsvis let lader sig afsløre ved en ekkokardiografisk undersøgelse (perikardieekksudat, lungeemboli, papillær muskelruptur, post akut myokardieinfarkt, ventrikelseptumdefekt, aortadissektion og klapsygdomme). Af ovenstående fremgår det således, at de grundlæggende forhold omkring systolisk og diastolisk funktion vanskeligt lader

sig beskrive uden brug af Doppler-ekkokardiografiske teknikker, og det er sammen med den nævnte patologi netop her ekkokardiografiens egentlige styrke og berettigelse i relation til hæmodynamisk optimering skal findes.

Ekkoprotokoller til hæmodynamisk vurdering

I de senere år er der rapporteret om flere eksempler på ekkoprotokoller, som tilstræber »målrettethed, systematik, simplicitet og hurtighed«. *Willenheimer et al* anbefaler en femminutters protokol og har påvist god overensstemmelse ved sammenligning med konventionel undersøgelse ved vurdering af EF, hjertedimensioner og tilstedeværelse af klapstenose [6].

Focus assessed transthoracic echocardiography (FATE) er et andet koncept, som praktiseres på Skejby Sygehus og Rigshospitalet i stigende omfang [7]. FATE er en praktisk anvisning på en simpel og målrettet undersøgelse af den cirkulatoriske instabile patient på lignende måde som det kendes fra *focus assessed sonography in traumacare* (FAST)-princippet i traumatologien. Protokollen inkluderer en algoritme til fortolkning af de ekkokardiografiske fund fra fire akustiske vinduer: subkostalt,



Figur 1. *Focus assessed transthoracic echocardiography* (FATE). Skanning gennem position 1-4 i den mest favorable sekvens. De fire akustiske vinduer, der indgår i FATE-protokollen: A) subkostalt vindue, B) parasternalt vindue, C) apikalt vindue, D) pleuralt vindue.

VIDENSKAB OG PRAKSIS | STATUSARTIKEL

parasternal, apikal og pleural skanning (Figur 1). Selv i situationer med suboptimalt indblik vil det som regel være muligt at opnå et estimat af disse værdier. Rutinemæssigt skannes her også pleura i modsætning til de fleste andre protokoller, som er begrænset til visualisering af hjertet. Signifikante mængder pleuraekssudat lader sig herved lokalisere og eventuelt udtømme ved ultralydvejledt punktur eller drænage.

En forudsætning for rationel anvendelse af simple ultralydprotokoller er, at der skelnes mellem den fulde kardiologiske undersøgelse og den noget grovere og simple undersøgelse til hæmodynamisk optimering, som f.eks. FATE. Det er endvidere vigtigt at være opmærksom på den risiko, der ligger i at ikke tilstrækkelig rutineret personale forlader sig på en insufficient undersøgelse. En naturlig skepsis er på sin plads, men det må her erindres, at alternativet er muligt fravær af informationer, som kan være af vital betydning for patienterne [7] og dilemmaet bør i stedet løses ved målrettet undervisning og etablering af sufficente kliniske retningslinjer.

Særligt i USA har der været en vis konservatisme og uvilje mod transtorakal ekkokardiografi (TTE) i ikkekardiologisk regi. I takt med den stigende udbredelse og den forbedrede kvalitet af de bærbare systemer er skepsis dog afløst af forventning og entusiasme, og man har i brede kredse anerkendt betydningen af dette redskab som adgang til afgørende information i ikkekardiologisk regi. Simple systemer herunder også transportable eller såkaldt håndholdte apparater er afprøvet under forskellige betingelser. På baggrund af dette kan det konkluderes, at personer med relativt lidt kardiologisk erfaring, medicinske studenter, paramedicinsk personale og kirurgiske skadestuelæger vha. en relativt begrænset, men målrettet undervisning pålideligt er i stand til at vurdere f.eks. VV-funktion, tilstedeværelsen af perikardieekssudat og volumenstatus [8, 9] (Figur 2).

Fremtidige forventninger

De forkortede ekkoprotokoller er som anført ikke tænkt som en erstatning for en mere tilbundsående »diagnostisk« undersøgelse, som den kendes fra kardiologien, men snarere som et supplement til den kliniske evaluering af patienten. Flere toneangivende eksperter på området anbefaler inklusion af ekkokardiografi i dels den medicinske uddannelse og dels i armamentariet hos enhver læge, der er i berøring med akut syge patienter [10]. I takt med at kvaliteten og ydeevnen af de miniaturiserede transportable apparater øges, må det antages, at ekkokardiografien over kort tid vil blive inkluderet i den almindelige kliniske rutineundersøgelse på lige fod med stetoskopi, røntgen af thorax og elektrokardiografiregistrering. Der er berettiget forventning om, at FATE eller en tilsvarende protokol vil få rutinestatus på intensivafdelingen, på skadestuen, ved traumemodtagelse og i forbindelse med avanceret genoplivning. Det er forfatterens opfattelse, at vi vil se systemerne udbrede sig præhospitalt, og der er i Europa allerede gjort forsøg hermed både i Tyskland, Norge og Dan-



Figur 2. Eksempel på bærbart ekkoapparat.

mark. De bærbare systemer har et stort potentiale ved det anæstesiologiske tilsyn med højrisikopatienter, ligesom entusiastiske praktiserende læger vil kunne have stor nytte af kunne visualisere hjerte og pleura.

Uddannelse

De skandinaviske lande har på mange måder været førende mht. udbredelse af simple protokoller i TTE. I mere end ti år har der i Dansk Selskab for Anæstesiologi og Intensiv Medicin været afholdt kursus i basal ekkokardiografi inklusive *hands on*-sessioner i TTE i små grupper. Siden den nordiske uddannelse i intensivmedicin blev introduceret i 1998 har TTE med *hands on* været integreret i den del af kurset, som årligt afholdes i Danmark. Også i Sverige har der i flere år været afholdt kurser i transtorakal og transosofageal ekkokardiografi, primært henvendt til anæstesiologer. European Association of Cardiothoracic Anaesthesiologists (EACTA) planlægger i øjeblikket ekkokursus for femte år i træk med praktiske øvelser i TTE efter FATE-konceptet. Senest har Norsk Anæstesiologisk Forening afholdt teoretisk og praktisk kursus i TTE med et danskinspireret og -ledet undervisningsprogram. Flere internetbaserede initiativer er opstået i de senere år. Et amerikansk initiativ udgående fra Utah, National Academy of Perioperative Echocardiography, tilbyder postgraduat interaktiv undervisning til anæstesiologer og intensivister over internettet. Indholdet har omfang og et fagligt niveau, der muliggør kvalificering til beståelse af Examination of Special Competence in Adult Echocardiography (ASCeXAM), Examination of Special Competence in Perioperative Transesophageal Echocardiography (PTEeXAM) og efterfølgende Board Certificering. Fra The University of Melbourne udgår ligeledes et kursus med efterfølgende eksamen, Postgraduate Diploma Perioperative and Critical Care Echocardiography,

VIDENSKAB OG PRAKSIS | STATUSARTIKEL

som er *entirely distance education*. Niveauet er her det samme som ovenstående. På Skejby Sygehus, Anæstesiologisk Afdeling og Intensiv Afdeling, er der med udgangspunkt i FATE-konceptet lavet en målbeskrivelse, som skal sikre, at alle, som benytter ultralyd i den daglige kliniske vurdering af patienterne, har de nødvendige basale forudsætninger. Alle læger tilbydes akkreditering efter denne målbeskrivelse fra juni 2006 formentlig som det første sted i verden.

Det forhold, at anvendelsen af ekkokardiografi som screening og monitorering i intensiv terapi er forskellig fra den kardiologiske anvendelse, nødvendiggør også klar formel skelnen. Det bør således fremgå entydigt i patientens journal, af hvem og på hvilken indikation FATE-undersøgelsen er foretaget. Det optimale vil jo være, om det fremgik, at der var foretaget en regelret FATE-undersøgelse. Når konceptet er indarbejdet som en nødvendig standard i den kardiopulmonale vurdering, vil dette formentlig forekomme naturligt.

De fleste ekkomaskiner muliggør digital lagring af rådata til dokumentation, disse kan gemmes til sammenligning med tidligere/senere data på samme patient og til eventuelle undervisningsformål. En systematisk gennemgang af de fire projektioner i FATE-protokollen med lagring af disse udgør essensen i denne dokumentation.

Konklusion

Ønsket om rationel og målrettet behandling af den kritiske syge patient baseret på hurtig og præcis diagnostik har bragt ultralyd i fokus, og der er nu formuleret praktiske anvisninger på systematiske ekkoprotokoller, f.eks. FATE til anvendelse i intensivt regi. Undervisning og træning af brugerne, gerne i samarbejde med kardiologer, er en væsentlig forudsætning for at få det sande udbytte af metoden, men vil med stor sandsynlighed i nær fremtid bringe transtorakal ultralyd i første række ved mødet med den respiratorisk og cirkulatorisk ustabile patient.

Udviklingen inden for dynamisk tredimensionel ultralyd i kombination med vævs-Doppler-teknikker giver berettigede forventninger om mere objektive parametre for kontraktilitet, volumenstatus samt systolisk og diastolisk funktion. Inkorporering af disse funktioner i de håndholdte systemer er allerede annonceret og giver yderligere holdepunkter for, at vi virkelig er på vej mod en ny standard inden for intensiv, akut og præhospital medicin.

Korrespondance: Erik Sloth, Anæstesiologisk/intensiv Afdeling, Brendstrupgårdsvej, Skejby Sygehus, DK-8200 Århus N.

Antaget: 17. april 2006
Interessekonflikter: Ingen angivet

Litteratur

1. Barbier C, Loubières Y, Schmit C et al. Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients. *Intensive Care Med* 2004;30:1740-6.
2. Cahalan MK, Lurz FC, Schiller NB. Transesophageal two-dimensional echocardiographic evaluation of anaesthetic effect on left ventricular function. *Br J Anaesth* 1988;60:99S-106S.

3. Egeblad H. Ekkokardiografi. København: Lægeforeningens forlag, 2001:134.
4. Garcia MJ, Thomas JD, Klein AL. New Doppler echocardiographic applications for the study of diastolic function. *J Am Coll Cardiol* 1998;32:865-75.
5. Gandhi SK, Powers JC, Nomeir A-M et al. The pathogenesis of acute pulmonary edema associated with hypertension. *New Engl J Med* 2001;344:17-22.
6. Willenheimer RB, Israelsson BA, Cline CMJ et al. Simplified echocardiography in the diagnosis of heart failure. *Scand Cardiovasc J* 1997;31:9-16.
7. Jensen MB, Sloth E, Larsen KM et al. Transthoracic echocardiography for cardiopulmonary monitoring in intensive care. *Eur J Anaesthesiol* 2004;21:1-8.
8. Moore CL, Rose GA, Tayal VS et al. Determination of left ventricular function by emergency physician echocardiography of hypotensive patients. *Acad Emerg Medicine* 2002;3:186-93.
9. Manasia AR, Nagarai HM, Kodali LB et al. Feasibility and potential clinical utility of goal-directed transthoracic echocardiography performed by non-cardiologist intensivists using a small hand-carried device (Sono-Heart) in critically ill patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2005;19:155.
10. Sloth E. New frontiers in echocardiography: hand-carried ultrasound devices. *Eur J Echocardiogr* 2004;5:400.