

Noninvasiv bedømmelse av fylningstrykk – *a mission impossible?*

Svend Aakhus, Hjertemedisinsk avdeling, Rikshospitalet

Arbeidet med hjertepasienter er det ofte nyttig å evaluere fylningstrykk for både venstre og høyre ventrikkel, og man har lenge hatt noninvasive ekkokardiografiske teknikker til hjelp (1). Spesielt viktig er dette for å bedømme grad av hjertesvikt, men er også nyttig i vurdering av restriktive tilstander og konstriksjon. Det kan også være en hjelp i de tilfelle hvor pasientens symptomer ikke er godt forklarlig ut fra de ordinære undersøkelser. Kunnskap om høyresidige fylningstrykk er nødvendig for å oppnå presise anslag for trykk i lille kretsløp. Med ekkokardiografiske teknikker har man imidlertid noninvasiv tilgang til både morfologisk informasjon og blodstrøms- og myokardhastigheter. Sammen kan disse data benyttes til å evaluere fylningstrykk for både venstre og høyre ventrikkel med ganske god sikkerhet. Forskjellige fremgangsmåter har blitt foreslått for å evaluere fylningstrykk, og i praksis er det en del forskjeller mellom, og til dels også innenfor, de ulike ekkokardiografimiljøene. Det er imidlertid viktig å være klar over metodenes usikkerhet og hvilket grunnlag de hviler på.

Internasjonale retningslinjer for bedømmelse av diastolisk hjertefunksjon generelt ble først utgitt av "European Study Group on Diastolic Heart Failure" i 1998 (2). Denne arbeidsgruppen tok et langt skritt fremover ved å spesifisere krav til ekkokardiografiske parametre satt sammen i et system for å diagnostisere diastolisk dysfunksjon. Nylig er disse retningslinjene revidert, og man har fått introdusert betegnelsen HFNEF, dvs. hjertesvikt med normal venstre ventrikkel ejectivesfraksjon (3). Bedømmelsen av fylningstrykk er en sentral del av denne diagnostikken.

Formålet med denne artikkelen er å gi en oversikt over en del aktuelle noninvasive teknikker for bedømmelse av fylningstrykk for venstre og høyre ventrikkel, samt diskutere grunnlaget for bruk av disse.

Tekniske aspekter

Det kan ikke understrekes nok hvor avgjørende gode registreringer er for pålitelige estimater av hemodynamiske parametre. Det kan derfor være nyttig å stille opp kriterier for ekkokardiografiske registreringer som skal brukes til evaluering av fylningstrykk. En god gjennomgang av de tekniske aspekter ved og kvalitetskrav til dopplerregistreringer av diastoliske parametre er gitt av Appleton og medarbeidere (4). Transmitral blodstrøm måles fra apikal 4-kammer-projeksjon med pulset doppler ved tuppen av mitralseil i diastole for registrering av blodstrøms hastighetene E, A, ratioen dem imellom (E:A) og decellerasjonstiden til E-bølgen (E DT). Varigheten av transmitral A-bølge skal imidlertid registreres i mitralplanet fordi man her får en bedre definert hastighetsprofil. En skal benytte gjennomsnitt av målinger fra minst 3 hjerteslag. Måling av maksimalhastighetene E og A byr sjelden på problemer, men E DT måles feil av mange. Målingen gjøres korrekt ved å følge ytterkonturen av E bølgens fallende segment fra punktet fra den høyeste hastighet til grunnlinje. Der hastighetskurven flater ut gjennom diastole benyttes den første fallende del av kurvekonturen. Blodstrøms hastigheter i lungevene måles fortrinnsvis i øvre høyre lungevene fra apikalt 4-kammer-projeksjon med dopplermålepunktet plassert ca 0,5 cm inn i lungevenen. En god kurve er karakterisert av stabil godt markert blodstrømsprofil med tydelige konturer for antegrad systolisk og diastolisk blodstrøm samt retrograd profil under atriekontraksjonen. For alle disse dopplerregistreringene skal lav pulserepetisjonsfrekvens (LPRF) benyttes slik at man får en entydig registrering av blodstrøms hastigheter og ikke fanger opp hastigheter fra andre intrakardiale lokalisasjoner. Vevshastigheter registreres med pulset doppler fra apikal 4-kammer-projeksjon med måleområdet lagt i septale og laterale del av mitralring. Vevshastigheter derivert fra farge-vevdoppler-

registreringene kan benyttes, men gir generelt lavere absolutte verdier enn de registrert med pulset doppler. Siden de fleste valideringer i denne sammenheng er foretatt med pulset doppler-registreringer, blir data derivert fra fargevevsdoppler å betrakte som veiledende.

Ekkokardiografisk registreringer er gjensidig for variasjon både i registrering og i tolking av registreringer. De fleste publikasjoner som benytter ekkokardiografi som metode, forholder seg til repeterbarhetsproblemet dels ved å gjøre egne reproducerbarhetstester og dels ved å referere til tidligere publiserte data. Problemet er likevel at man i litteraturen for en stor del har akseptert repeterbarhet for analyse av registreringer som uttrykk for metodens reproducerbarhet, uten å ta hensyn til den vanligvis større variasjonen som ligger i selve opptakene av data. For de fleste ekkokardiografiske parametre er likevel repeterbarheten god nok til at teknikken identifiserer forskjeller mellom små og middelstore grupper av pasienter på en god måte. For den enkelte pasient skal det imidlertid overraskende store endringer i den enkelte parameter til for at man skal være sikker på at det foreligger en reell endring og ikke bare et resultat av målesikkerheten. Det vil nok være nyttig for alle som utfører ekkokardiografi å gjøre en enkel repeterbarhetsundersøkelse for å fastslå egen reproducerbarhet for de mest brukte ekkokardiografiske parametre, både for opptak og for analyse. Dette er det dessverre altfor få som har gjort.

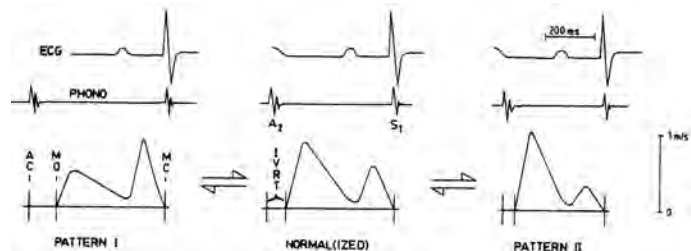
Bedømmelse av venstresidige fylningstrykk

Venstresidige fylningstrykk defineres på forskjellig måte ut fra invasive diastolisk trykkmålinger i venstre ventrikel eller atrium, dels som venstre ventrikkels endediastoliske trykk, pre-enediastoliske trykk, middel diastolisk trykk samt venstre atriums middeltrykk og kiletrykket (PCWP). I vurdering av dokumentasjon for de enkelte parametre er det viktig å være klar over hva de er målt opp i mot siden disse invasive parametre ikke er helt samvarierende. Spesielt er trykkmålinger

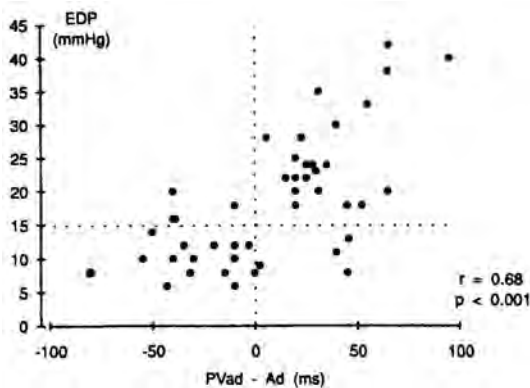
ved venstre ventrikkels endediastole varierende og ikke alltid et godt uttrykk for fylningstrykket. Best av disse er nok middeltrykket i diastole målt i venstre ventrikel eller atrium, eller middel kiletrykk (PCW).

For nesten 20 år siden viste Appleton og Hatle (1) at transmitrale blodstrøms hastigheter gav god informasjon om venstre ventrikkels diastolisk funksjon og fylningstrykk og til dels kunne brukes sammen med isovolumetriske relaksasjonstid bedømt med doppler til å identifisere ulike kategorier av hjertesvikt og diastolisk dysfunksjon – heri kategorien av hjertesviktspasienter med såkalt pseudonormalisert transmitralblodstrømsmønster (figur 1), en pasientkategori som har voldt kardiologer mye hodebry og utløst mye forskning i årene deretter.

Noe senere viste Rossvoll og Hatle i en klassisk studie (5) hvordan man kunne benytte differansen mellom varigheten av A-bølgen i transmitral- og i lungevenneblodstrøm til å estimere venstre ventrikkels fylningstrykk, her vurdert som endediastolisk trykk. Ideen var at økende diastolisk trykk i venstre ventrikel vil medføre at atriekontraksjonen resulterer i en relativt økende varighet av blodstrøm tilbake i lungevene (lavtrykk) og redusert varighet av transmitral blodstrøm inn i venstre ventrikel (høyere trykk). Pasientgruppen bestod vesentlig av stabile koronarpasienter, og man fant en klar sammenheng mellom differansen mellom varighet av transmitral A (Am) og lungevene A (Apv) og endediastolisk trykk i venstre ventrikel (figur 2). Data gav grunnlag for å sette grense for forhøyet endediastolisk trykk (>15 mmHg) ved en differanse $Apv - Am > 0$



Figur 1. Transmitrale blodstrømsmønstre. Mønsteret i midten representerer normal transmitral blodstrøm. Mønster I representerer redusert relaksasjon med økende EDT og IVRT, mens mønster II representerer restriktiv hemodynamikk med redusert EDT og IVRT, øket E/A-ratio. Ettersom venstre ventrikkels fylningsevne reduseres kan mønsteret endre seg fra normal via I til normalisert (pseudonormal) til restriktiv. Fra: Appleton CP, et al., *J Am Coll Cardiol* 1988;12:426



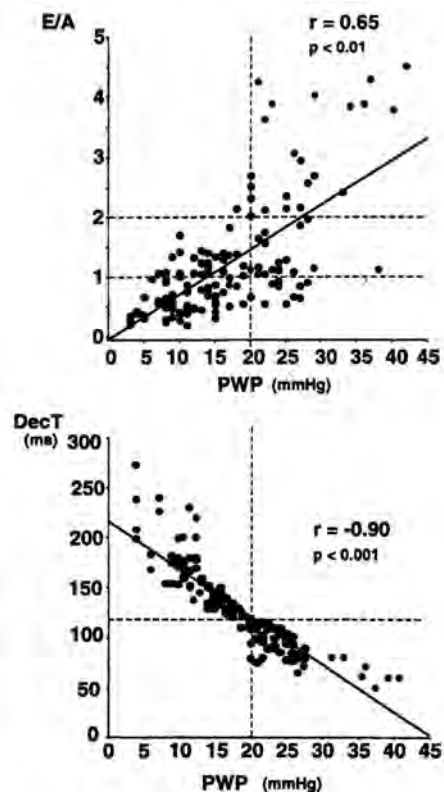
Figur 2. Sammenhengen mellom venstre ventrikel end-diastolisk trykk (EDP) ved kateterisering og differansen mellom varighet av retrograd A-bølge i lungevene (PVad) og A-bølge i transmitralstrøm (Ad). Fra: Rossvoll O and Hatle L. *J Am Coll Cardiol* 1993;21:1687

ms. Funnet ble senere bekreftet av Appleton og medarbeidere (6) som satte grensen til 20 ms for å oppnå optimal presisjon for å identifisere end-diastoliske trykk > 12 mmHg. Problemet med denne teknikken har dels vært at man ikke får gode nok lungeveieblodstrøms-registreringer i alle pasienter, dels at metoden selvsagt ikke kan benyttes ved arytmier, spesielt da atrieflimmer. I retningslinjene har man, for å øke metodens spesifisitet, anbefalt en differanse på > 30 ms (2) som indikator på øket fylningstrykk.

Omtrent samtidig kom flere arbeider som bekreftet sammenhengen mellom fylningstrykk og transmitral-blodstrømhastighet, spesielt da E-bølgens deselerasjonstid. I en populasjon av pasienter med postinfarktstvik med venstre ventrikel EF ≤ 35%, viste Gianuzzi og medarbeidere (7) at E DT hadde en betydelig bedre overensstemmelse med fylningstrykkene enn E/A-ratio (figur 3). Nishimura og medarbeidere bekreftet denne relasjonen for pasienter med dilatert kardiomyopati eller iskemisk hjertesykdom, mens relasjonen opphørte for pasienter med hypertrofi kardiomyopati (8). Generelt har det vært et problem at disse parametrene har best gyldighet for pasienter med redusert systolisk venstre ventrikkelfunksjon, og til dels dårlig presisjon hos pasienter med normal systolisk venstre ventrikkelfunksjon (9) (10).

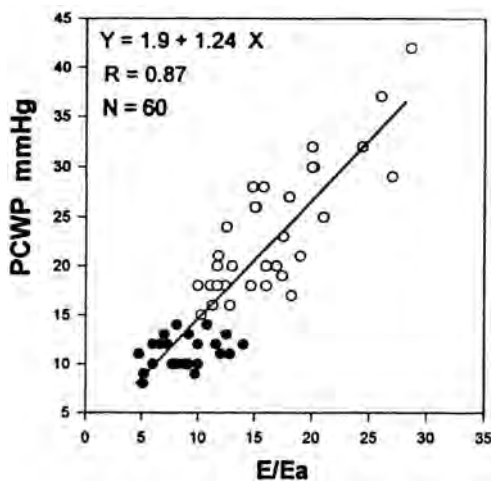
På slutten av 90-tallet var vevsdopplerteknikken installert i de fleste kommersielt tilgjengelige ultralydskannere. Vevshastigheter målt i mitralringen identifiserer en systolisk apikalt

rettet hovedkomponent og to diastolisk motsatt rettede komponenter overensstemmende med transmitral E- og A-bølge, og har derfor etter konvensjon fått navnet E' og A'. Hvorvidt vevshastigheter kunne predikere fylningstrykk ble grundig undersøkt, og forskere ved Mayo-klinikken presenterte en serie publikasjoner der man etter hvert foreslo ratioen E/E' som et godt mål på fylningstrykk. Ideen er at mens transmitral E er relatert til både fylningstrykk, venstre ventrikel relaksasjon og pasientens alder, er E' vesentlig relatert til de to sistnevnte. Ratioen E/E' kan derfor tenkes relatert direkte til fylningstrykk mens effekten av alder og venstre ventrikkels relaksasjon elimineres. I dag, nær 10 år senere, er dette fortsatt den klinisk mest brukte vevsdoppler-baserte parameter. Det kan være vel verdt å se nærmere på det vitenskapelige grunnlag for bruk av E/E'.



Figur 3. Relasjon mellom kiletrykket (PWP) og transmitral E/A-ratio (øvre panel) og transmitral E-bølge deselerasjonstid (DecT) (nedre panel) hos pasienter med iskemisk hjertesykdom og venstre ventrikel EF ≤ 35%. Fra Gianuzzi P, et al. *J Am Coll Cardiol* 1994;23:1630

Nagueh's originalartikkel fra 1997 (11) beskriver teknikken i detalj. Tidlig transmitral blodstrøm, E, måles i apikal 4-kammer-projeksjon ved mitralklaffens tupp med konvensjonell pulset dopplertechnik. Mitralringshastigheten E' måles ved hjelp av pulset vevsdoppler i apikal 4-kammer-projeksjon ved innfesting av mitralklaffens anteriøre og posteriøre seil, dvs. ved henholdsvis septale og laterale festepunkt. Signalforsterkning (gain) settes lavt, registreringområdet (sample volume) settes til 5 mm. Registreringer utføres i ende-ekspiriet, og gjennomsnittsverdier fra 3-4 hjerteslag beregnes. Seksti pasienter, alle i sinusrytme uten mitralstenose eller mitralventil, ble undersøkt samtidig med ekkokardiografi og høyresidige katetertrykk med PCW registrert fra ballongkateter. E' var noe høyere målt i laterale enn septale mitralring, men lettere å registrere slik at de brukte laterale E' i kalkulasjonene. Resultatene viste ingen sammenheng mellom E' og PCW, men en lineær og signifikant relasjon mellom E/E' og PCW (figur 4). Ved å bruke regresjonsligningen $PCWP = 1.91 + 1.24 \times E/E'$ kunne de noninvasivt estimere PCW innenfor en usikkerhet ($\pm 2SD$) på 8 mmHg. I denne publikasjonen ble repeterbarhet av både optak og analyse evaluert, interobservatør repeterbarhet for E/E' var $6 \pm 5\%$. I det samme arbeidet ble noe av problemet ved det pseudonormale transmitrale blodstrømsmønster løst. Alle pasienter med normale fylningstrykk hadde $E' > 8$



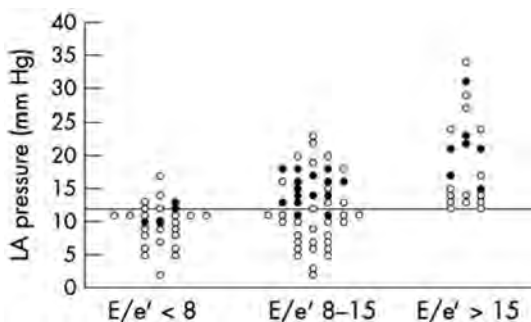
Figur 4. Relasjon mellom E/E' (E/Ea) og kiletrykk (PCWP). Fra Nagueh SF, et al. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:1527.

cm/s, mens de med pseudonormalisering hadde $E' < 8$ cm/s. Litt senere fant samme gruppe at prinsippet også kunne anvendes ved sinustakykardi, selv ved sammensmelting av transmitral E- og A-bølge (12). Pasienter med hypertrofisk kardiomyopati representerer et særskilt problem og ble inngående studert av samme gruppe litt senere (13). De fant da skuffende nok, ingen overensstemmelse mellom fylningstrykk, her bedømt som pre-enediastoliske trykk, og de klassiske diastoliske dopplerparametre som E/A-ratio, E DT og IVRT, og det var også lav overensstemmelse for differensen $Apv - Am$. Best korrelasjon ble vist for E/E', men relasjonen var dårligere enn for dilatert kardiomyopati og iskemisk hjertesykdom. Senere har samme gruppe vist at E/E' ikke kan brukes til bedømme fylningstrykk hos pasienter med hypertrofisk kardiomyopati (26).

Selv om E/E' fremsto som en markør for fylningstrykk, gjensto det problem at det var et bredt mellomområde (E/E: 8 – 15) hvor det var liten sammenheng med fylningstrykket. I praksis viste det seg at svært mange pasienter hadde E/E' i nettopp dette området. Metoden fikk derfor ikke bred klinisk anvendelse før samme forskergruppe i 2000 (14) gav en oppskrift på løsning på hvordan klassifisere pasienter med E/E' 8 – 15. De studerte 100 stabile konsekutive pasienter til hjertekateterisering, alle i sinusrytme, og med en stor variasjon i EF ($46 \pm 13\%$) og venstre ventrikkels EDP (19 ± 8 mmHg). Alder var 63 ± 12 år, 68 % hadde koronarsykdom, 11 % hadde normale koronarkar, resten var til utredning av hjertesvikt. Fylningstrykk ble definert som gjennomsnittstrykk i venstre ventrikkels diastole. Mitralringshastigheter ble registrert med vevsdoppler septalt og lateralt på ringen fra apikal 4-kammer-projeksjon med bare 1,5 mm måleområde. Denne gang fant man at septale mitralringshastighet, alene og i E/E' ratio, korrelerte bedre med invasive trykk enn laterale og kombinasjoner av septale og laterale ringhastighet. Det var dessuten mulig å oppnå gode registreringer hos flere pasienter når man brukte mediale ringhastighet enn den laterale. Ingen andre vevshastighetsmål viste betydningsfull korrelasjon med fylningstrykkene. E/A-ratio og E DT korrelerte med fylningstrykk bare hos pasienter med EF under 50 %. Andelen korrekt klassifiserte pasienter mht. forhøyet fylningstrykk var overlegent best for E/E' med

areal under kurve ved ROC analyse på 0,82. Denne parameteren var også målbar i flest pasienter. Alle pasienter med $E/E' > 15$ hadde øket fylningstrykk, uavhengig av ejetsjonsfraksjon. 85 % av dem med $E/E' < 8$ hadde normale fylningstrykk. I mellomgruppen med E/E' mellom 8 og 15 var det som ventet betydelig spredning i fylningstrykk. Ved å undersøke om pasientene hadde andre diastoliske parametre som pekte i retning av øket fylningstrykk, fikk man avklart mellomgruppen delvis (figur 5). Så og si alle pasienter med E/E' mellom 8 og 15 og samtidig minst ett annet parameter tydende på øket fylningstrykk, hadde middel diastolisk venstre ventrikeltrykk > 12 mmHg. Kriterier for øket fylningstrykk bedømt med andre diastoliske parametre var definert som følger: transmitral E/A -ratio > 2 , $E DT < 130$ ms, $\Delta E:A$ ved Valsalva $\geq 0,5$, lungeven blodstrøm: $PVd > PVs$ og $Apv - Am \geq 30$ ms. Pasienter med E/E' mellom 8 og 15 og som samtidig ikke hadde andre indikatorer på øket fylningstrykk, kunne ikke klassifiseres nærmere.

Konklusjonen på denne studien blir derfor som følger: Hos stabile i alt vesentlig koronar-pasienter, indikerer $E/E' > 15$ stor sannsynlighet for forhøyete fylningstrykk. $E/E' 8 - 15$ og samtidig minst en annen diastolisk parameter tydende på øket fylningstrykk indikerer med stor sannsynlighet økete fylningstrykk. $E/E' < 8$ indikerer med relativt stor sannsynlighet normale fylningstrykk. Pasienter med E/E' mellom 8 og 15 uten andre diastoliske parametre tydende på økte fylningstrykk kan man egentlig ikke si noe sikkert om.



Figur 5. Fylningstrykk (LA pressure) plottet mot kategorier av E/E' . Fylte sirkler representerer pasienter med minst en annen diastolisk parameter tydende på øket fylningstrykk (se tekst for detaljer). Figuren representerer en forenkling av data fra: Ommen SR, et al., *Circulation* 2000;102:1788.

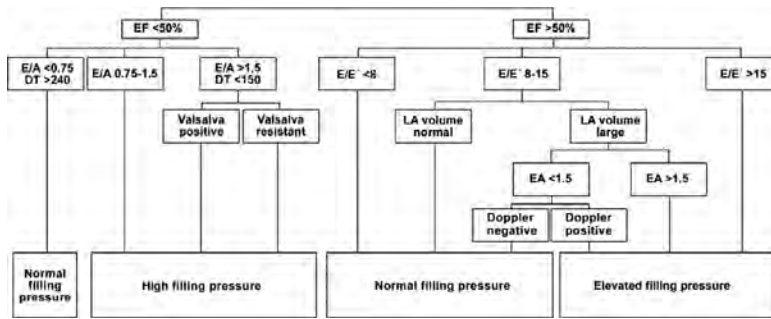
Selv om metoden er lett å anvende og gir resultater hos de aller fleste pasienter foreligger det ingen data for presisjon av E/E' hos pasienter med for eksempel kunstige hjerteventiler, pasienter som er hjerteoperert versus uopererte, og pasienter med pacemaker, grenblokk, atrieflimmer og andre arytmier. Metoden har videre vist seg ubrukelig hos pasienter med signifikant mitralinsuffisiens eller mitralstenose (15). Den kan således ikke anvendes generelt, men må brukes med skjønn. Det skal også tilføyes at senere studie fra samme gruppe (10) har indikert at E' registrert fra laterale mitralring gir bedre E/E' korrelasjon mot fylningstrykk, her målt som middel kiletrykk (PCW), enn septale ringmål som opprinnelig ble brukt. Denne studien understøtter også at E/E' først og fremst har sin berettigelse hos pasienter med normale systolisk funksjon, dvs. $LV EF > 50$ %, siden de konvensjonelle diastoliske parametre identifiserer økte fylningstrykk med like stor sikkerhet hos dem med redusert EF.

Resultater fra disse studiene har resultert i et forslag til diagnostisk algoritme for å identifisere høye fylningstrykk, først presentert av Ommen og medarbeidere i 2003 (16), deretter modifisert i oversiktsartikler (17) (figur 6) og integrert i et større klinisk, ekkokardiografisk og biokjemisk rammeverk for å diagnostisere diastolisk hjertesvikt (3). I praksis vil man måtte utøve stor grad av skjønn, og algoritmene vil selvsagt kun være veiledende.

Bedømmelse av andre vevsdopplerparametre som regionalt myokardiell strain, har vært utprøvet og vist en sammenheng med fylningstrykk (18), men har foreløpig ikke funnet noen plass i denne sammenheng. Det skal også tillegges at det nylig er vist en sammenheng mellom venstre atriums volum og fylningstrykk (19) som for så vidt er inkludert i de siste anbefalinger for vurdering av diastolisk dysfunksjon (3). Måling av venstre atriums volum er imidlertid beheftet med betydelige muligheter for feilmålinger (20) og er mer tidkrevende enn måling av dopplerparametrene nevnt ovenfor.

Bedømmelse av høyresidige fylningstrykk

For de fleste kardiologer vil bedømmelse av høyresidige fylningstrykk, i praksis middeltrykk i høyre atrium, være en dagligdags og naturlig del av estimerer for trykk i lun-

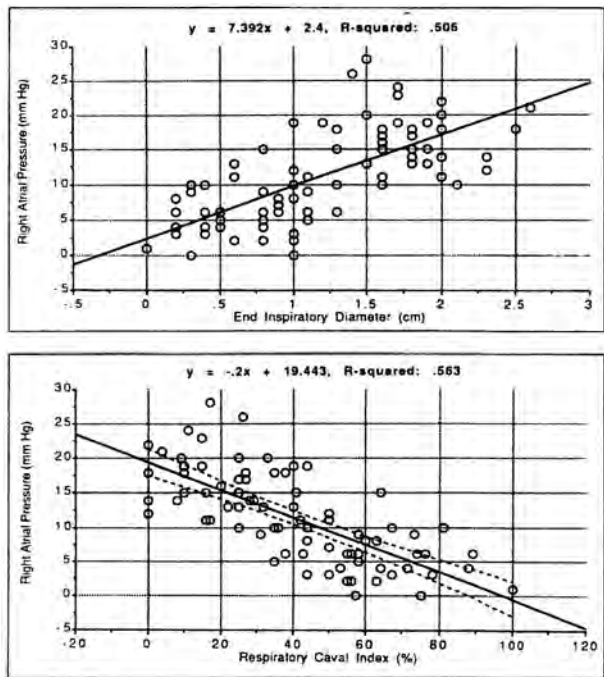


Figur 6 Algoritme for ekkokardiografisk bedømmelse av venstre ventrikkels fylnings-trykk. Fra: Gilman G, et al. *J Am Soc Echocardiogr* 2007;20:199, modifisert fra Ommen SR, et al. *Heart* 2003;89:iii18

gekretsløpet. I de første arbeider som benyttet trikuspidalinsuffisiensen som uttrykk for trykkgradienten mellom høyre ventrikkel og høyre atrium, benyttet man visuell inspeksjon av halsvenestuvning som utgangspunkt for gradering av høyre atriums trykk (21). Halsvenestuvning kan imidlertid være vanskelig å identifisere hos en del pasienter og krever leiendring under ekkokardiografisk undersøkelse. Det ble derfor søkt etter andre og mer presise noninvasive metoder for å bestemme høyre atriums trykk. Kircher og medarbeidere målte fra subkostal projeksjon dimensjoner av vena cava inferior (VCI) under respirasjonssyklus og sammenlignet med høyre atriums trykk (22) hos 83 pasienter. Alle ble undersøkt i 30 graders liggende leie. VCI ble avbildet i subkostal langakse. Pasienter ble bedt om å puste inn uten Valsalva, og om VCI-diameter ikke ble påvirket, ble pasienten instruert i å "snufse" repetert. VCI-diameter ble registrert innen de siste 2 cm av cavas forløp til høyre atrium med såkalt "trailing-to-leading" måleteknikk. Endeinspiratorisk VCI-diameter korrelerte bedre til gjennomsnittlig høyre atriums trykk enn ende-ekspiratorisk diameter. Best korrelasjon oppnådde man ved den såkalte "caval respiratory index" som uttrykker prosentvis reduksjon i IVC-diameter med inspirasjon (Figur 7). Baserst delvis på disse data er det foreslått (23) (tabell 1) å kombinere VCI-diameter med "snufse"-test for å kategorisere fylningstrykket, men man skal være klar over at det er betydelig naturlig va-

riasjon i VCI-diameter uavhengig av fylnings-trykk. Sannsynligvis burde diameteren normeres etter kroppsstørrelse. Senere er det for øvrig vist at teknikken også kan brukes hos pasienter under respiratorbehandling, da fortrinnsvis med M-mode-registreringer av VCI-diameter i kortakse (24).

Senere studier har utnyttet trykkavhengige variasjoner i levervene-blodstrøm (25), der man fant at såkalt systolisk fylningsfraksjon i levervene, dvs. hastighets-integralet i systole delt på hastighetsintegralet gjennom hjertesyklus, gav en enda bedre prediksjon av høyre atrietrykk. I praksis har det vist seg teknisk vanskelig å oppnå gode registreringer av leverveneblodstrøm hos mange pasienter slik at de fleste fortsatt anbefaler måling av VCI-diameter som standard. Tilleggsgevinsten



Figur 7. Øvre panel: Relasjon mellom ende-inspiratorisk vena cava inferior-diameter og middel høyre atrium-trykk. Nedre panel: Relasjon mellom % inspiratorisk vena cava inferior-kollaps og middel høyre atrium-trykk. Fra Kircher BJ, et al. *Am J Cardiol* 1990;66:493

Tabell 1. Estimering av HA trykk. Tilpasset etter: Otto C, 2004 (referanse nr 23)

IVC diameter	Inspirasjon	Est. HA trykk
< 1,5 cm	Sammenfall	0 – 5 mmHg
1,5 – 2,5 cm	> 50% reduksj.	5 – 10 mmHg
< 2,5 cm	< 50% reduksj.	10 – 15 mmHg
> 2,5 cm	< 50% reduksj.	15 – 20 mmHg
> 2,5 cm	Uendret	> 20 mmHg

ved å gjøre levervene-blodstrømsmålinger er neppe stor nok til å forsvare den som standardmåling. Studier av høyresidige fylningstrykk er utført på et begrenset antall og type pasienter. En vil likevel anta at resultatene har generell gyldighet siden målestedene er ekstrakardiale og passivt reflekterer kardial hemodynamikk.

Konklusjon

En rekke noninvasive ultralydbaserte teknikker er utviklet for å bedømme venstre og til dels høyresidige fylningstrykk. Venstresidige fylningstrykk hos pasienter med redusert systolisk venstre ventrikkelfunksjon (LV EF < 50 %) bedømmes med rimelig sikkerhet med konvensjonelle dopplerultralyd-parametere som transmitral blodstrømsprofil (E/A-ratio, E DT) og lungevenebloodstrøm (Apv-Am). For pasienter med normal systolisk ventrikkelfunksjon (LV EF \geq 50 %) vil parametere basert på vevshastigheter (E/E') gi nødvendig tilleggsinformasjon. Ingen av disse parametere gir et imidlertid et godt estimat av fylningstrykk hos pasienter med signifikant mitralfeil. Høyresidige fylningstrykk bedømmes relativt presist ved måling av vena cava inferiors diameter under respirasjonssyklus. For alle parametere for fylningstrykk gjelder at de langt fra er validert i alle pasientgrupper, spesielt mangler validering hos pasienter med kunstige hjerteklaffer, medfødt hjertefeil, en del kardiomyopati og arytmier. Dette ankepunktet antas å ha mindre betydning for parametere til bedømmelse av høyresidige enn av venstresidige fylningstrykk.

Sammendrag

Bedømmelse av fylningstrykk for venstre og høyre ventrikel er av stor viktighet i mange kliniske situasjoner. Det er utviklet en rekke noninvasive ultralydbaserte teknikker for å bedømme disse fylningstrykk. I denne artikkelen gjennomgås utviklingen av og det vitenskape-

lige grunnlaget for de viktigste av disse teknikkene. Venstresidige fylningstrykk hos pasienter med redusert systolisk venstre ventrikkelfunksjon (venstre ventrikkels ejsjonsfraksjons (LV EF) < 50 %) bedømmes med rimelig sikkerhet med konvensjonelle doppler-ultralydparametere som transmitral blodstrømsprofil og lungevenebloodstrøm. For pasienter med normal systolisk ventrikkelfunksjon (LV EF \geq 50 %) vil parametere basert på vevshastigheter gi nødvendig tilleggsinformasjon. Ingen av disse parametrene gir et godt estimat av fylningstrykk hos pasienter med signifikant mitralfeil. Høyresidige fylningstrykk bedømmes relativt presist ved måling av vena cava inferiors diameter under respirasjonssyklus. For alle parametere for bedømmelse av fylningstrykk gjelder at de ikke er validert i alle pasientgrupper, spesielt gjelder det pasienter med kunstige hjerteklaffer, medfødt hjertefeil, en del kardiomyopati og arytmier.

Referanser

1. Appleton CP, Hatle LK, Popp RL. Relation of transmitral flow velocity patterns to left ventricular diastolic function: new insights from a combined hemodynamic and Doppler echocardiographic study. *J Am Coll Cardiol.* 1988;12:426-40.
2. How to diagnose diastolic heart failure. European Study Group on Diastolic Heart Failure. *Eur Heart J.* 1998;19:990-1003.
3. Paulus WJ, Tschope C, Sanderson JE, Rusconi C, Flachskampf FA, Rademakers FE, et al. How to diagnose diastolic heart failure: a consensus statement on the diagnosis of heart failure with normal left ventricular ejection fraction by the Heart Failure and Echocardiography Associations of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J.* 2007;28:2539-50.
4. Appleton CP, Jensen JL, Hatle LK, Oh JK. Doppler evaluation of left and right ventricular diastolic function: a technical guide for obtaining optimal flow velocity recordings. *J Am Soc Echocardiogr.* 1997;10:271-92.
5. Rossvoll O, Hatle LK. Pulmonary venous flow velocities recorded by transthoracic Doppler ultrasound: relation to left ventricular diastolic pressures. *J Am Coll Cardiol.* 1993;21:1687-96.
6. Appleton CP, Galloway JM, Gonzalez MS, Gabbala M, Basnight MA. Estimation of left ventricular filling pressures using two-dimensional and Doppler echocardiography in adult patients with cardiac disease. Additional value of analyz-

- ing left atrial size, left atrial ejection fraction and the difference in duration of pulmonary venous and mitral flow velocity at atrial contraction. *J Am Coll Cardiol.* 1993;22:1972-82.
7. Giannuzzi P, Imparato A, Temporelli PL, de Vito F, Silva PL, Scapellato F, et al. Doppler-derived mitral deceleration time of early filling as a strong predictor of pulmonary capillary wedge pressure in postinfarction patients with left ventricular systolic dysfunction. *J Am Coll Cardiol.* 1994;23:1630-7.
 8. Nishimura RA, Appleton CP, Redfield MM, Ilstrup DM, Holmes DR, Jr., Tajik AJ. Noninvasive doppler echocardiographic evaluation of left ventricular filling pressures in patients with cardiomyopathies: a simultaneous Doppler echocardiographic and cardiac catheterization study. *J Am Coll Cardiol.* 1996;28:1226-33.
 9. Yamamoto K, Nishimura RA, Chaliki HP, Appleton CP, Holmes DR, Jr., Redfield MM. Determination of left ventricular filling pressure by Doppler echocardiography in patients with coronary artery disease: critical role of left ventricular systolic function. *J Am Coll Cardiol.* 1997;30:1819-26.
 10. Rivas-Gotz C, Manolios M, Thohan V, Nagueh SF. Impact of left ventricular ejection fraction on estimation of left ventricular filling pressures using tissue Doppler and flow propagation velocity. *Am J Cardiol.* 2003;91:780-4.
 11. Nagueh SF, Middleton KJ, Kopelen HA, Zoghbi WA, Quinones MA. Doppler tissue imaging: a noninvasive technique for evaluation of left ventricular relaxation and estimation of filling pressures. *J Am Coll Cardiol.* 1997;30:1527-33.
 12. Nagueh SF, Mikati I, Kopelen HA, Middleton KJ, Quinones MA, Zoghbi WA. Doppler estimation of left ventricular filling pressure in sinus tachycardia. A new application of tissue doppler imaging. *Circulation.* 1998;98:1644-50.
 13. Nagueh SF, Lakkis NM, Middleton KJ, Spencer WH, 3rd, Zoghbi WA, Quinones MA. Doppler estimation of left ventricular filling pressures in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation.* 1999;99:254-61.
 14. Ommen SR, Nishimura RA, Appleton CP, Miller FA, Oh JK, Redfield MM, et al. Clinical utility of Doppler echocardiography and tissue Doppler imaging in the estimation of left ventricular filling pressures: A comparative simultaneous Doppler-catheterization study. *Circulation.* 2000;102:1788-94.
 15. Diwan A, McCulloch M, Lawrie GM, Reardon MJ, Nagueh SF. Doppler estimation of left ventricular filling pressures in patients with mitral valve disease. *Circulation.* 2005;111:3281-9.
 16. Ommen SR, Nishimura RA. A clinical approach to the assessment of left ventricular diastolic function by Doppler echocardiography: update 2003. *Heart.* 2003;89 Suppl 3:iii18-23.
 17. Gilman G, Nelson TA, Hansen WH, Khandheria BK, Ommen SR. Diastolic function: a sonographer's approach to the essential echocardiographic measurements of left ventricular diastolic function. *J Am Soc Echocardiogr.* 2007;20:199-209.
 18. Wang J, Khoury DS, Thohan V, Torre-Amione G, Nagueh SF. Global diastolic strain rate for the assessment of left ventricular relaxation and filling pressures. *Circulation.* 2007;115:1376-83.
 19. Lim TK, Ashrafian H, Dwivedi G, Collinson PO, Senior R. Increased left atrial volume index is an independent predictor of raised serum natriuretic peptide in patients with suspected heart failure but normal left ventricular ejection fraction: Implication for diagnosis of diastolic heart failure. *Eur J Heart Fail.* 2006;8:38-45.
 20. Rødevand O, Bjørnerheim R, Ljosland M, Maehle J, Smith HJ, Ihlen H. Left atrial volumes assessed by three- and two-dimensional echocardiography compared to MRI estimates. *Int J Card Imag.* 1999;15:397-410.
 21. Skjaerpe T, Hatle L. Noninvasive estimation of pulmonary artery pressure by Doppler ultrasound in tricuspid regurgitation. In: Spencer MP, editor. *Cardiac Doppler diagnosis.* Boston: Martinus Nijhoff Publishers; 1983.
 22. Kircher BJ, Himelman RB, Schiller NB. Noninvasive estimation of right atrial pressure from the inspiratory collapse of the inferior vena cava. *Am J Cardiol.* 1990;66:493-6.
 23. Otto C. *Textbook of clinical echocardiography.* 3rd ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2004.
 24. Bendjelid K, Romand JA, Walder B, Suter PM, Fournier G. Correlation between measured inferior vena cava diameter and right atrial pressure depends on the echocardiographic method used in patients who are mechanically ventilated. *J Am Soc Echocardiogr.* 2002;15:944-9.
 25. Nagueh SF, Kopelen HA, Zoghbi WA. Relation of mean right atrial pressure to echocardiographic and Doppler parameters of right atrial and right ventricular function. *Circulation.* 1996;93:1160-9.
 26. Geske JB, Sorajja P, Nishimura RA, Ommen SR. Evaluation of left ventricular filling pressures by Doppler echocardiography in patients with hypertrophic cardiomyopathy. Correlation with direct left atrial pressure measurement at cardiac catheterization. *Circulation* 2007;116:2702-8