

Lungultraljud – en uppseglande metod vid dyspné och hjärtsvikt

DIAGNOSTISKT KOMPLEMENT TILL UNDERSÖKNING VID AKUT DYSPNÉ OCH LOVANDE FÖR MONITORERING AV DEKOMPENSERAD HJÄRTSVIKT

Caroline Heijl, med dr, specialistläkare
 ● caroline.heijl@med.lu.se

Arash Mokhtari, docent, specialistläkare

Ashkan Labaf, med dr, specialistläkare; samtliga tre ovan avdelningen för kardiologi, Lunds universitet och Skånes universitetssjukhus

Eric Dryver, överläkare, akutkliniken, Skånes universitetssjukhus

Lill Blomqwist, med dr, överläkare, avdelningen för intensiv och perioperativ vård, Lunds universitet och Skånes universitetssjukhus Lund

J Gustav Smith, professor, överläkare, avdelningen för kardiologi och Wallenberg centrum för molekylär medicin, Lunds universitet och Skånes universitetssjukhus Lund; avdelningen för molekylär och klinisk medicin, Göteborgs universitet och Sahlgrenska universitetssjukhuset, Göteborg

Ultraljud är en medicinsk bildgivningsmetod som har fått stort genomslag inom många kliniska områden. Hjärtat var det första organ där metoden fick klinisk användbarhet genom pionjärbete av fysikern Hellmuth Hertz och kardiologen Inge Edler från Lund, följt av obstetriska och gynekologiska ändamål, andra bukorgan och blodkärl. Lungan ansågs länge vara utom räckhåll för ultraljudsdiagnostik, eftersom den höga lufthalten medför att ultraljudet inte reflekteras. Dock har det visat sig att de tekniska artefakter som bildas både i den friska lungan men framför allt vid sjukdomar med minskad lufthalt kan användas för att diagnostisera tillstånd såsom interstitiellt vätskeuttråde, pneumotorax och lunginflammation. Ultraljud har också länge använts för att värdera pleuravätska och vägleda pleurocentes.

Här vill vi ge en överblick över möjligheter med lungultraljud och särskilt framhålla lungultraljud som en lovande metod för bedömning av akut dyspné på akutmottagningen samt värdering av kvarvarande extracellulärt lungvatten hos inläggande patienter med akut dekompenenserad hjärtsvikt och hos patienter med kronisk hjärtsvikt som diuretikabehandlas i öppenvårdssituationen. Vi vill också belysa att metoden, som är lättillgänglig och relativt lätt att lära sig, har både begränsningar och svårigheter.

Medicinskt ultraljud – en kort historik

Bröderna Curie i Paris upptäckte piezoelektriciteten på 1880-talet [1]. En piezoelektrisk kristall ändrar form, börjar vibrera i hög hastighet och producerar ett ultraljud när den utsätts för varierande elektrisk energi. Ljudet reflekteras när det träffar ett objekt, och avståndet till det undersökta objektet kan då beräknas. Ibland studsar ekot fram och tillbaka mellan två ekotäta strukturer och ger upphov till flera bilder av samma struktur men på olika djup, så kallad reverberation. Den första medicinska användningen av ultraljud skedde i Lund under 1940-talet inom toraxkirurgin, där mitraliskirurgi med dilatation av mitralisstenos var ett centralt ingrepp. Resultaten var goda hos de patienter som hade en isolerad stenosis men mindre lyckade hos de med samtidig insufficiens. Ansvarig för den preoperativa utredningen med hjärtkateterisering var kardiologen Inge Edler, som var intresserad av icke-invasiva alternativ. Tillsammans med fysikern Hellmuth Hertz utvecklade Edler den medicinska ultraljudstekniken inom kardiologen. Användningen inom andra medicinska discipliner tog snart fart och utvecklades parallellt med ekokardiografen i Lund,

först av neurokirurgen Lars Leksell som tog fram ekoencefalografen, som under många år var rutinundersökning för patienter med misstänkta intrakraniella blödningar, följt av obstetrikeren Bertil Sundén som utvecklade ultraljudets roll inom fosterdiagnostiken och publicerade den första ultraljudsbilden av tvillingar 1962 [2, 3].

Lungan ansågs före 90-talet inte åtkomlig för ultraljudsdiagnostik, eftersom lufthalten i den normala

»Lungan ansågs före 90-talet inte åtkomlig för ultraljudsdiagnostik, eftersom lufthalten i den normala lungan absorberar ultraljudsvågorna ...«

lungan absorberar ultraljudsvågorna och det bara är pleura som ger upphov till ett eko. I en fallbeskrivning från 80-talet skapades begreppet »kometsvansartefakt« (comet tail artefact), ett reverberationsfenomen som noterades vid ultraljudsundersökning av en patient med skottskada i levern [4]. Fenomenet undersöktes vidare inom intensivvården och beskrevs vid lungultraljud hos patienter med radiologiskt diagnostiserad lungsjukdom av Lichtenstein 1996 och kalla-

HUVUDBUDSKAP

- Lungultraljud har visat god precision och reproducerbarhet som diagnostiskt komplement till klinisk undersökning vid akut dyspné.
- Lungultraljud utförs bedside och är relativt lätt att lära sig, men kräver träning och strukturerat utförande för att inte resultera i felaktiga diagnoser.
- Lungultraljud baseras till största delen på tolkning av artefakter. Vid en normalt luftfylld lunga bildas horisontella reverberationsartefakter kallade A-linjer. Vid extracellulärt vätskeuttråde uppstår vertikala B-linjer, vilka reducerar de normala A-linjerna.
- Lungultraljud med räkning av antal B-linjer har visat sig vara lovande för värdering av interstitiellt ödem vid hjärtsvikt, men ytterligare studier behövs.

des då lungkometer [5]. Sedan dess har lungultraljud-metoden utvecklats, och lungkometererna kallas enligt internationell konsensus i stället för B-linjer [6]. När lufthalten i lungan minskar vid olika sjukdomstillstånd kan ultraljudet till viss del reflekteras och ger då en bild. I takt med att lungan blir mindre luftförande uppkommer mer och mer detaljerade bilder och i en konsoliderad lunga som vid till exempel pneumoni kan lungparenkymet visualiseras helt.

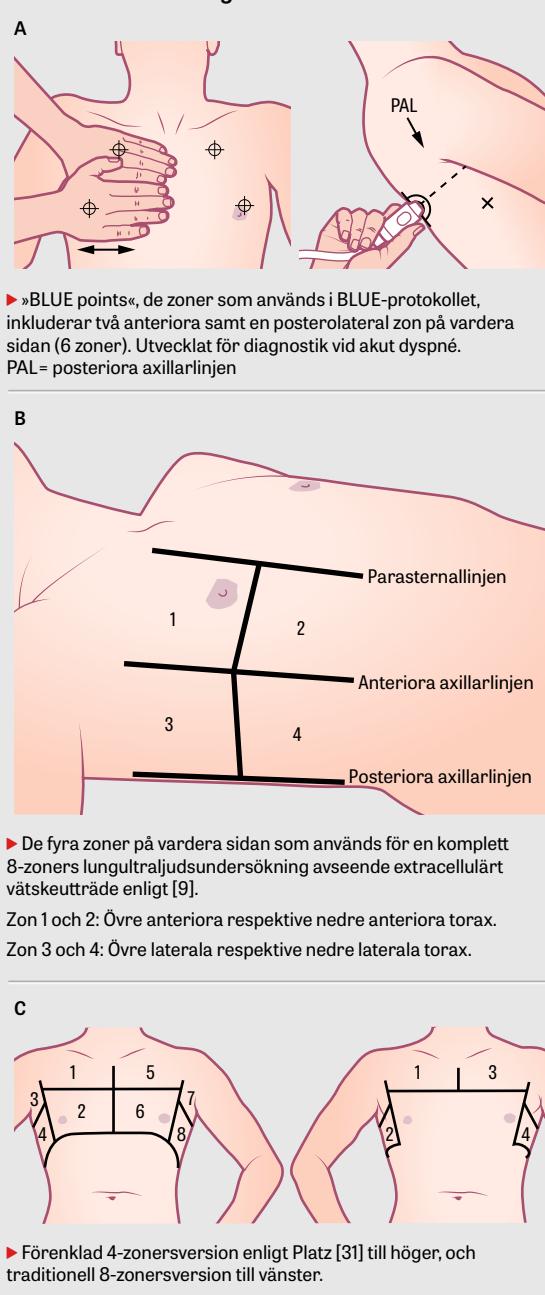
Ultraljudsundersökning som ett komplement till klinisk undersökning har på senare tid fått allt mer utrymme, och patientnära ultraljud (POCUS, point of care-ultraljud) ingår i de europeiska gemensamma kunskapsbaserna för akutsjukvård sedan 2017 och för invärtesmedicin sedan 2019 [7]. Som del i POCUS används lungultraljud för diagnostik vid akut dyspné och respiratorisk insufficiens. Särskilt under coronaviruspandemin framhålls nu potentialen av POCUS för att minska risken för smittspridning samt påskynda den initiala diagnostiken på akutmottagningen. POCUS ska då utföras av en och samma kliniker med bärbar ultraljudsapparat under plastskydd för att ersätta såväl undersökning med stetoskop (svårare att sterilisera) som lungröntgen (transport av patient och ny lokal att smittstäda) [8].

Utförande av lungultraljud

Lungultraljud kan utföras med patienten sittande eller liggande [9] och inleds med val av ultraljudssändare (prob) och justering av fokusdjup. Höga ultraljudsfrekvenser ger bättre upplösning men absorberas lättare och når därför inte lika djupt. När enbart pleura ska avbildas kan således en linjär kärprob (8–12 MHz) användas eftersom den ger högre ytupplösning, och fokusdjupet ställs då kring ca 5 cm. För övrig undersökning av lungan ställs fokusdjupet på 18 cm, och en bukprob med låg frekvens (kurvlinjär/konvex, 3–5 MHz) är att föredra, eftersom den ger bättre vävnadspenetration. En hjärtprob eller mikrokonvex prob (»phased array«, 3,5–4 MHz) kan också användas; den har bäst åtkomlighet interkostalt på grund av litet avtryck och kan på så vis bättre undvika revbenskuggor, och har samtidigt god penetration. Proben placeras interkostalt i sagittal- eller transversalplanet, och lungytan undersöks systematiskt enligt specifika zoner (Figur 1). Antalet zoner som granskas varierar mellan 4 och 28 i de flesta publicerade studier. Lichtenstein publicerade 2008 en utredningsalgoritm (BLUE protocol) baserad på 6 zoner [10]. Optimalt antal zoner är relaterat till frågeställningen, där en mer noggrann avsökning av parenkymet krävs framför allt för pneumoni, samt till undersökningssituationen: vid värdering av oselekerade patienter på akutmottagningen kan färre zoner vara att föredra och användas med god sensitivitet och specificitet.

Tolkningen av lungultraljud baseras till största delen på artefakter, och en normal undersökning innefattar två fynd: lungglidning (»lung sliding«) samt A-linjer [9]. När proben placeras vinkelrätt mot revbenen identifieras pleuralinjen genom det så kallade fladdersmustecknet (»bat sign«), där tre ekogena linjer motsvarande utsidan av två revben och pleuralinjen däremellan tillsammans bildar någonting som kan liknas vid en flygande fladdermus (Figur 2). Förekomst av lungglidning noteras därefter. Lungglidning är inte

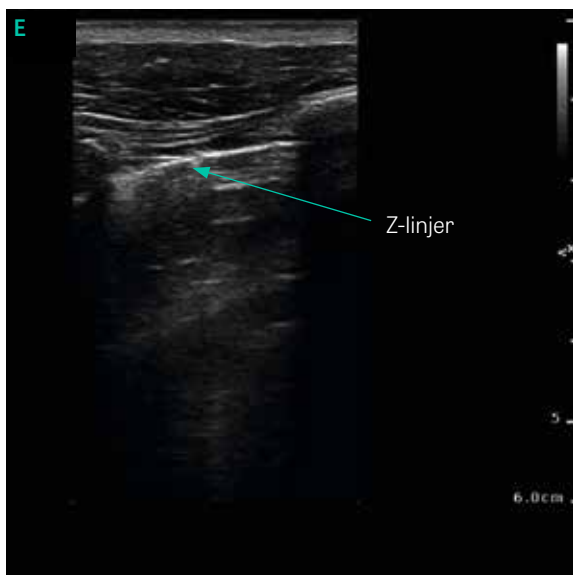
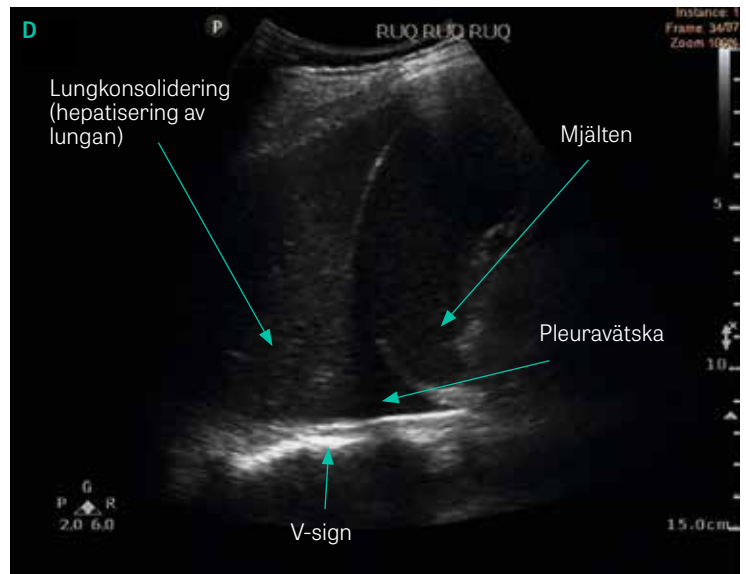
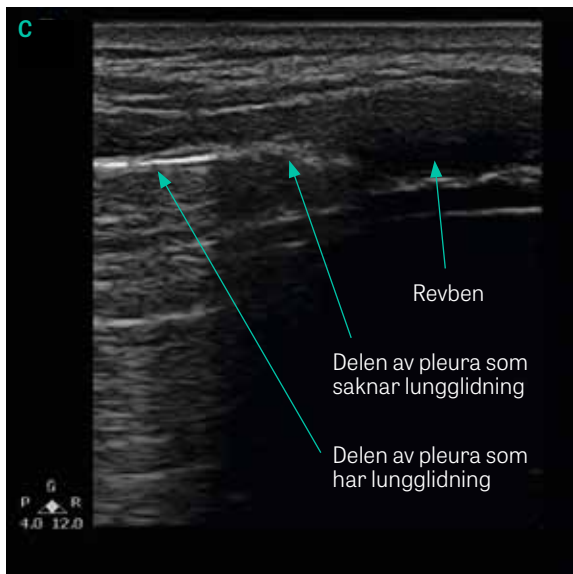
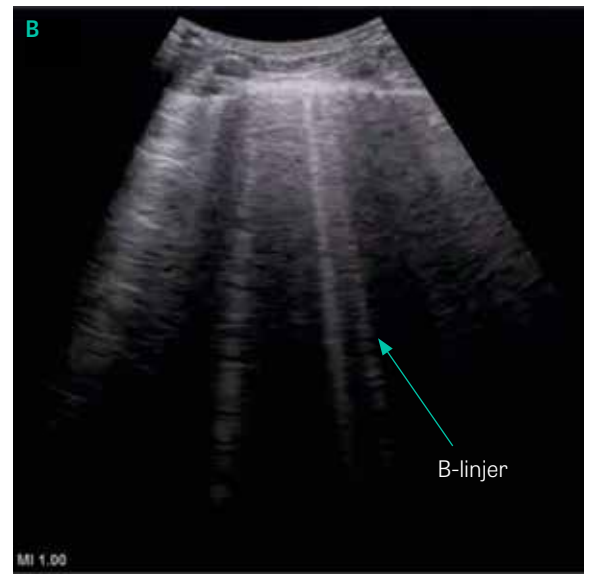
FIGUR 1. Undersökningszoner



någon artefakt utan den rörelse som ses i takt med andningen i den normalt luftfyllda lungan. Förutsättningen för lungglidning är en intakt pleura utan luft mellan pleurabladen; den ses normalt som ett glitter över pleuralinjen då det visceral pleurabladet glider längs det parietala. Förekomst av lungglidning utesluter pneumotorax i det undersökta området. Frånvaro av lungglidning kan förekomma även vid adherenser, pleurodes, omfattande lobär konsolidering och frånvaro av lungventilation (t ex felintubation). Ibland kan man upptäcka den för pneumotorax patognomona så kallade lungpunkten (lung point) där ett område med lungglidning förekommer precis bredvid ett område utan lungglidning (Figur 2) [11]. A-linjer är horisontella artefakter som skapas då luften reflekterar



Figur 2. Fynd vid lungultraljud. A. Lungultraljud med normal luftförande lunga inkluderande revbensskuggor, pleuralinje (»bat sign«, två övre vita pilar) och horisontella A-linjer (pilar vid sidorna). B. Lungultraljud med extracellulärt vätskeutträde resulterande i vertikala B-linjer som sträcker sig från pleuralinjen och hela vägen ner till skärmens slut. C. »Lungpunkten«. D. Lungkonsolidering, pleuravätska och »V-sign«. E. Z-linjer.



ultraljudsvågorna upprepade gånger. Då maskinmjukvaran skapar 2D-bilden utifrån den tid det tar för ljudet att återvända till proben, resulterar reflektionen i att flera artefakter liknande pleuralinjen framträder på samma avstånd från varandra som den riktiga linjen från proben. A-linjer är ett normalfynd (Figur 2). B-linjer är vertikala hyperekogena artefakter som ses då lufthalten i lungan minskar och sannolikt uppstår då interlobärsepta är förtjockade och ödematösa och därför ger upphov till ett eko (Figur 2) [9]. B-linjer startar vid pleuralinjen och sträcker sig hela vägen ned till slutet av skärmen utan att minska i styrka, suddar oftast ut A-linjerna och rör sig i takt med andningen. Djupet på skärmen är viktigt vid beskrivning av B-linjer; oftast anges 18 cm djup. Ju mindre luft i lungan, desto fler B-linjer, vilka således ökar med ökande inkompensation. Det finns internationell konsensus om att 3 eller fler B-linjer i ett revbensspatium definierar »interstitiellt syndrom«, ett samlingsnamn för lungödem, interstitiell pneumoni/pneumonit och lung-

TABELL 1. B-linjer och differentialdiagnostik

	B-linjer	Pleura	Andra ultraljudsfynd som stödjer diagnosen
● Dekompenserad hjärtsvikt	Multipla i varje undersökningszon Antalet relaterat till graden av inkom- pensation	Normal	Pleuravätska Vidgad vena cava inferior Sänkt systolisk vänsterkammerfunktion Tecken till höga fyllnadstryck och/eller stort vänster förmak
● ARDS	Multipla men med ojämn fördelning Konfluerande B-linjer över alla lungfält vid svår ARDS i respirator	Anteriora subpleurala konsolideringar Påverkad lungglidning Pleuralinjen oregelbunden eller fragmenterad	Små luftfyllda (hyperekoiska) förändringar inne i konsolideringarna Sparade områden med normalt parenkym
● Obstruktiv lungsjukdom	Inga B-linjer	Normal	A-linjer och normal lungglidning
● Interstitiell lungsjukdom	Ojämn fördelning	Pleuralinjen oregelbunden eller fragmenterad Små subpleurala ekofattiga förändringar	
● Covid-19	Diffusa B-linjer med opåverkade områden	Ojämn pleuralinje I vissa fall subpleurala konsolideringar	Sparade områden med normalt parenkym Sällan pleuravätska

fibros [6]. Bilaterala B-linjer ses vid dekompen-
serad hjärtsvikt, ARDS (akut svår lungsvikt),
interstitiella lungsjukdomar och har nyligen
även beskrivits vid covid-19 (Tabell 1). B-linjer
finns även vid till exempel pneumoni, men då
oftast unilateralt. Enstaka B-linjer kan även ses
i nedre delen av lungorna hos friska individer
[6, 11]. Det är viktigt att särskilja B-linjer från
Z-linjer, som är en vanlig artefakt som ses hos
>80 procent och är helt utan patologisk valör.
Z-linjer är, precis som B-linjer, vertikala och ser
ut att börja vid pleuralinjen, men de fyller inte
hela skärmen, är mer diffusa, suddar inte ut
A-linjer och rör sig inte i takt med andningen.

Pleuravätska syns oftast som ett svart område
kranialt om diafragman, men vid hemotorax kan
vätskan (blodet) ha ett grått och inhomogent
utseende. En atelektatisk del av lungan kan ofta
skymtas i vätskan. Konsoliderad lunga har ett
grått utseende med liknande ekogenicitet som
levern, varför fenomenet kallas hepatisering av
lungan. Vid pleuravätska eller lungkonsolidering
penetrerar ultraljudet lättare och ända till
kotpelarna, vilka då kan synas kranialt om
diafragman (så kallat »vertebral sign« eller »V-
sign«) (Figur 2).

Lungultraljud framhålls som en lätt metod att
lära sig och implementera (en dags handledd
undersökning eller 25 undersökningar). Sam-
tidigt finns flera studier som pekar på divergerande
resultat mellan undersökare och olika prover, ibland
även varierande resultat då samma undersökare
utför eller tolkar samma undersökning på nytt
[12,13]. Det faktum att lungultraljudsundersök-
ningar sällan sparas och granskas har också
gett upphov till en del kritik. Generellt är det
viktigt att vara medveten om att lungultraljud
inte utesluter patologi som inte når pleura; detta
är särskilt viktigt då det gäller konsolideringar,
eftersom dessa kan finnas medialt i lungan och
ibland vara omgivna av luftfylld lunga och därmed
svåra att se.

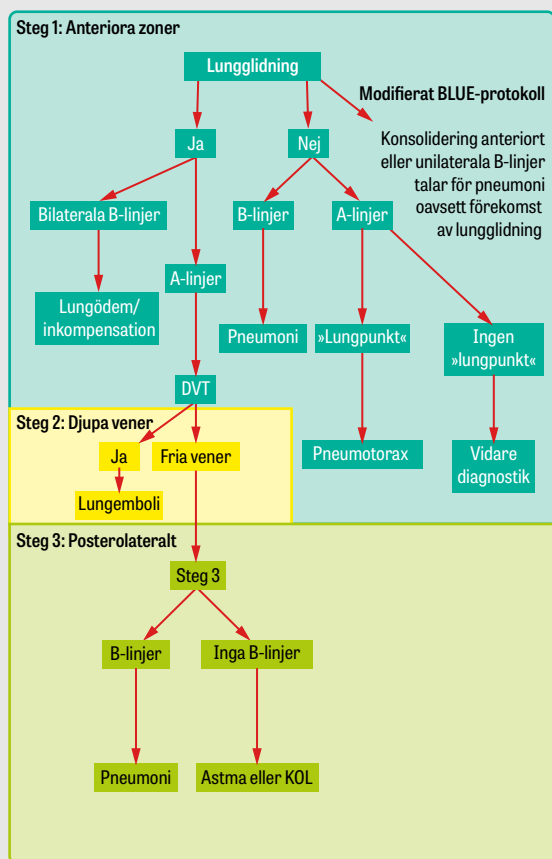
Vetenskaplig erfarenhet vid diagnostik av dyspné

Tolkning av fynd enligt BLUE-protokollet illustreras i

Figur 3. Med denna algoritm kunde lungultraljud
bidra till en korrekt bedside-diagnos hos drygt
90 procent av de 260 patienter med akut dyspné
som inkluderades i studien [10]. En metaanalys
från 2019 med fokus på prestandan av lungul-
traljud vid akut diagnostik visade sensitivitet på
85–95 procent och specificitet på 75–90 procent
för pneumoni, sensitivitet på 78 procent och
specificitet på 94 procent för KOL/astma samt
sensitivitet på 75–90 procent och specificitet på
80–90 procent för akut hjärtsvikt [14]. Flera
studier som utvärderar en kombinerad undersök-
ning med lungultraljud + översiktligt eko +/-
bedömning av vena cava inferior (vissa studier
begränsade sig till hjärta + lungor utan vena
cava inferior) visar att denna variant av POCUS
presterar bättre än enbart lungultraljud, med
både sensitivitet och specificitet på 84–100
procent för akut hjärtsvikt [15–18]. Viktigt
att nämna i sammanhanget är att detta gäller
för patienter som inte är i respirator eller har
pågående icke-invasiv ventilation eller kontinuerligt
positivt luftvägstryck. Vena cava inferior-diametern
går inte att bedöma vid övertrycksandning.

Dekompen- serad hjärtsvikt – kliniska utmaningar

Ett område där lungultraljud kan ha potentiellt
mycket stor betydelse och utbredd användning
kan vara motiverad är handläggning av hjärtsvikt.
Hjärtsvikt är ett vanligt tillstånd med en preva-
lens på 2–3 procent i befolkningen och en av de
vanligaste orsakerna till behov av sjukhusvård.
Akut försämring (dekompen- sation) och sjukhus-
inläggning vid hjärtsvikt orsakas av olika
faktorer som ökar belastningen på hjärtat,
resulterande i ökade intrakardiella tryck, vilka
fortplantas till lungvenerna och orsakar vätske-
och saltretention samt extravasering av vätska
till lunginterstitiet, vilket kan leda till fulmi-
nant lungödem [19]. En stor andel, ca 20–30
procent, av de patienter som vårdats för akut
dekompen- serad hjärtsvikt återinläggs inom
2 månader [20]. En bidragande faktor till detta
är svårigheten att kliniskt uppskatta ökade
lungvenstryck, vätskeretention och vätskeutträde

FIGUR 3. Lungultraljundsundersökning av patient med dyspné enligt BLUE-protokollet

► BLUE-protokollet, modifierat från Lichtenstein et al. För patienter som söker akut med uttalad dyspné kan lungultraljud vägleda till rätt diagnos hos upp till 90 procent. I undersökningen ingår att undersökaren letar efter lungglidning anteriort och sedan efter B-linjer i två anteriora zoner i vardera hemotorax. Om färre än 3 B-linjer hittas går undersökaren vidare med undersökning av djupa vener i benen för värdering av eventuell djup ventrombos, DVT. Om ingen DVT hittas fortsätter undersökningen med värdering av konsolidering posterolateralt, och finns en konsolidering talar det för pneumoni (konsolidering kan även vara atelektas på grund av pleuravätska eller sekretstagnation hos neurologiska patienter med mera, förf anm), och om inte, talar detta för obstruktiv lungsjukdom. »Lungpunkt«: Vid pneumotorax uppstår »lungpunkten« som är ett specifikt tecken och representerar övergången mellan pneumotoraxområdet (ingen lungglidning) och den normala lungan (lungglidning).

samt begränsad kunskap om behandlingsmål baserat på sådana parametrar, varför patienterna inte sällan skrivs hem innan de är färdigbehandlade. I en studie där kliniska symtom jämfördes med invasiva hemodynamiska mätningar hos 50 patienter med uttalad sänkt vänsterkammarfunktion (ejektionsfraktion 18 ± 6 procent) saknades de klassiska symtomen på dekompenenserad hjärtsvikt (lunggrassel, perifera ödem och halsvensstas) hos 18 av 43 patienter med förhöjt lungvenstryck estimerat med inkilningstryck (PAWP, pulmonary arterial wedge pressure) [21]. Samtidigt som det är svårt att bedöma lungvenstryck och lindrigare grad av vätskeutträde i lungorna är det viktiga parametrar; patienter som hade kvarvarande inkompenensation bedömt med en implanterad tryckmätare i lungartären vid hemgång har rapporterats återin-

läggas i högre utsträckning, och diuretikabehandling baserad på sådan mätning resulterar i mindre behov av sjukhusvård [22-24]. Intrakardiella tryck kan också uppskattas med ekokardiografi [25] eller MR [26] och kräver inte hjärtkateterisering, men det är oklart huruvida lungvätska eller intrakardiella tryck är mest informativt med avseende på försämring. Höga intrakardiella tryck är relaterade till ökad mortalitet och kan, men måste inte, ge upphov till vätskeutträde i lungorna med resulterande interstitiellt och alveolärt ödem - och det kan dröja dagar till veckor efter det att fyllnadstrycken börjat stiga och vätskeutträdet i lungorna påbörjats innan kliniska symtom uppkommer [22]. Flera metoder för bedömning av extracellulärt lungvatten finns tillgängliga, baserade på t ex DT, MR, termomodulation eller PET, men eftersom en metod behöver vara allmänt tillgänglig och möjlig att utföra i akutsituationen har lungultraljud behållit sin plats som huvudsaklig undersökningsmetod för bedömning av inkompenensation och lungödem [27, 28]. Lungultraljud är dock ett trubbigt instrument, och inkilningstrycket kan vara förhöjt utan att radiologiska fynd på vätskeutträde föreligger [29].

Vetenskaplig erfarenhet vid hjärtsvikt

Det finns flera studier avseende lungultraljuds användbarhet för bedömning av akut dekompenensation hos patienter med hjärtsvikt, och ett mindre antal som tyder på att ökat antal B-linjer hos hjärtsviktpatienter vid utskrivning och i öppenvården ökar risken för återinläggning och mortalitet. I en systematisk översikt som inkluderade 6 studier ($n = 1\,827$) där lungultraljud jämfördes med lungultraljud hos patienter med akut dekompenenserad hjärtsvikt uppvisade lungultraljud bättre sensitivitet (relativ risk 1,2; 95 procenta konfidensintervall, 1,08-1,34) och likvärdig specificitet [30]. Platz et al genomförde också en prospektiv kohortstudie vid två centrum av 349 patienter med akut dekompenenserad hjärtsvikt [31]. Alla patienter genomgick lungultraljud (4 zoner i stället för ordinarie 8 eller 16) i anslutning till sjukhusinläggning, och av dessa genomgick 132 även lungultraljud inför hemgång. Patienter som hade ≥ 10 B-linjer vid ankomst uppvisade ett fyrfaldigt större behov av inotrop stöd. De patienter som hade högre antal B-linjer vid undersökningen i anslutning till hemgång uppvisade ökad risk för död och återinläggning. Samma forskargrupp följde en mottagningskohort med 185 hjärtsviktpatienter med lungultraljud vid rutinbesök [32]. Av dessa patienter hade 32 procent ≥ 3 B-linjer, och 81 procent av dessa hade inga auskultatoriska fynd. Under uppföljningstiden nådde 27 procent av samtliga patienter det primära utfallet (död eller återinläggning), och den tercil som uppvisade ≥ 3 B-linjer hade en fyrfaldigt ökad risk. Justering av diuretikadoser baserad på lungultraljudsfynd ökade diuretikaanvändning och gångsträcka samt minskade behovet av akuta besök för dekompenenserad hjärtsvikt, vilket visades i den relativt lilla spanska studien LUS-HF (123 patienter); dock sågs ingen säkerställd nedgång i behovet av återinläggning [33]. Även vid andra tillfällen då hydreringsstatus behöver bedömas, såsom vid bestämning av torrsvikt hos en dialyspatient, har lungultraljud visat sig vara värdefullt, och flera studier visar att antal B-linjer korrelerar väl med genom-

förd ultrafiltration och bioimpedansmätningar [34-36]. På ett liknande sätt har en övervikt av B-linjer visat sig vara till nackdel vid avvecklande av respiratorn hos intuberade intensivvårdspatienter [37].

Framtiden för lungultraljud inom hjärtsviktsvården

Det finns således flera studier som talar för lungultraljuds användbarhet för bedömning av akut och kvarvarande inkompenstation hos patienter med hjärtsvikt, men det vetenskapliga underlaget för bred implementering av lungultraljud för värdering av kvarvarande inkompenstation och risk/nyttoprofilen av riktad behandling är begränsat. Lungultraljud behöver också jämföras med andra existerande verktyg för bedömning av dekompensation, såsom noggrann klinisk undersökning inklusive värdering av vätskeretention, ekokardiografi med bedömning av fyllnadstryck samt analys av natriuretiska peptider.

Vi har därför tagit initiativ till en prospektiv multicenterstudie (FLUID-AHF; Clinicaltrials.gov NCT04901039) i Skåne, för att bygga upp erfarenhet av lungultraljud och utvärdera effekten mot andra modaliteter med mått på extravaskulär vätska, fyllnads-tryck och vätskeretention för bedömning av hjärtsvikt. Andra studier av lungultraljud vid hjärtsvikt pågår också; Clinicaltrials.gov har ett drygt tiotal registrerade som pågående. Det är möjligt att dessa studier ytterligare kan bidra till att föra fram lungultraljud som en ersättare till Laënnecs, till en början liksom lungultraljudet starkt ifrågasatta, stetoskop från 1819 [38]. ○

● Potentiella bindningar eller jävsförhållanden: Inga uppgivna.

Citera som: *Läkartidningen. 2021;118:20219*

REFERENSER

- Mould R, Pierre Curie 1859-1906. *Curr Oncol*. 2007;14(2):74-82.
- Westling H, Graham L. *Med fysiken i blodet. En bok om Hellmuth Hertz. Bild & Media AB*; 2012.
- Eklöf B, Lindström K, Persson S. *Ultrasound in clinical diagnosis. From pioneering developments in Lund to global application in medicine*. Oxford: Oxford University Press; 2012.
- Ziskin MC, Thickman DJ, Goldenberg NJ, et al. The comet tail artifact. *J Ultrasound Med*. 1982;1(1):1-7.
- Lichtenstein D, Mézière G, Biderman P, et al. The comet-tail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Respir Crit Care*. 1997;156(5):1640-6.
- Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, et al; International Liaison Committee on Lung Ultrasound (ILC-LUS) for International Consensus Conference on Lung Ultrasound (ICCLUS). International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med*. 2012;38(4):577-91.
- Torres-Macho J, Aro T, Bruckner I, et al; EFIM's ultrasound working group. Point-of-care ultrasound in internal medicine: a position paper by the ultrasound working group of the European Federation of Internal Medicine. *Eur J Intern Med*. 2020;73:67-71.
- Fiala MJ. A brief review of lung ultrasonography in COVID-19: is it useful? *Ann Emerg Med*. 2020;75(6):784-5.
- Gargani L, Volpicelli G. How I do it: lung ultrasound. *Cardiovasc Ultrasound*. 2014;12:25.
- Lichtenstein DA, Mézière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest*. 2008;134(1):117-25.
- Wongwaisayawan S, Suwannanon R, Sawatmongkorngul S, et al. Emergency thoracic US: the essentials. *Radiographics*. 2016;36(3):640-59.
- Gullett J, Donnelly JP, Sinert R, et al. Inter-observer agreement in the evaluation of B-lines using bedside ultrasound. *J Crit Care*. 2015;30(6):1395-9.
- Haaksma ME, Smit JM, Heldeuweg MLA, et al. Lung ultrasound and B-lines: B careful! *Intensive Care Med*. 2020;46(3):544-5.
- Staub LJ, Biscaro RRM, Kaszubowski E, et al. Lung ultrasound for the emergency diagnosis of pneumonia, acute heart failure, and exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease/asthma in adults: a systematic review and meta-analysis. *J Emerg Med*. 2018;56(1):53-69.
- Kajimoto K, Madeen K, Nakayama T, et al. Rapid evaluation by lung-cardiac-inferior vena cava (LCI) integrated ultrasound for differentiating heart failure from pulmonary disease as the cause of acute dyspnea in the emergency setting. *Cardiovasc Ultrasound*. 2012;10(1):49.
- Öhman J, Harjola V, Karjalainen P, et al. Focused echocardiography and lung ultrasound protocol for guiding treatment in acute heart failure. *ESC Heart Fail*. 2018;5(1):120-8.
- Carvalho HD, Javaudin F, Bastard QL, et al. Effect of chest ultrasound on diagnostic workup in elderly patients with acute respiratory failure in the emergency department: a prospective study. *Eur J Emerg Med*. 2021;28(1):29-33(2020).
- Mantuani D, Frazee BW, Fahimi J, et al. Point-of-care multi-organ ultrasound improves diagnostic accuracy in adults presenting to the emergency department with acute dyspnea. *West J Emerg Med*. 2016;17(1):46-53.
- Arrigo M, Jessup M, Mullens W, et al. Acute heart failure. *Nat Rev Dis Primers*. 2020;6(1):16.
- Adams KF, Fonarow GC, Emerman CL, et al; ADHERE Scientific Advisory Committee and Investigators. Characteristics and outcomes of patients hospitalized for heart failure in the United States: rationale, design, and preliminary observations from the first 100,000 cases in the Acute Decompensated Heart Failure National Registry (ADHERE). *Am Heart J*. 2005;149(2):209-16.
- Stevenson LW, Perloff JK. The limited reliability of physical signs for estimating hemodynamics in chronic heart failure. *JAMA*. 1989;261(6):884.
- Givertz MM, Stevenson LW, Costanzo MR, et al; CHAMPION Trial Investigators. Pulmonary artery pressure-guided management of patients with heart failure and reduced ejection fraction. *J Am Coll Cardiol*. 2017;70(15):1875-86.
- Bourge RC, Abraham WT, Adamson PB, et al; COMPASS-HF Study Group. Randomized controlled trial of an implantable continuous hemodynamic monitor in patients with advanced heart failure. *J Am Coll Cardiol*. 2008;51(11):1073-9.
- Fudim M, Parikh KS, Dunning A, et al. Relation of volume overload to clinical outcomes in acute heart failure (from ASCEND-HF). *Am J Cardiol*. 2018;122(9):1506-12.
- Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2016;17(12):1321-60.
- Londono-Hoyos F, Segers P, Hashmath Z, et al. Non-invasive intraventricular pressure differences estimated with cardiac MRI in subjects without heart failure and with heart failure with reduced and preserved ejection fraction. *Open Heart*. 2019;6(2):e01088.
- Lange NR, Schuster DP. The measurement of lung water. *Crit Care*. 1999;3(2):R19-24.
- Gupta RK, Newbould RD, Matthews PM. Methods of measuring lung water. *J Intensive Care Soc*. 2012;13:209-15.
- Mahdyoon H, Klein R, Eyler W, et al. Radiographic pulmonary congestion in end-stage congestive heart failure. *Am J Cardiol*. 1989;63(9):625-7.
- Maw AM, Hassannin A, Ho PM, et al. Diagnostic accuracy of point-of-care lung ultrasonography and chest radiography in adults with symptoms suggestive of acute decompensated heart failure: a systematic review and meta-analysis. *Jama Netw Open*. 2019;2(3):e190703.
- Platz E, Campbell RT, Claggett B, et al. Lung ultrasound in acute heart failure. *JACC Heart Fail*. 2019;7(10):849-58.
- Platz E, Lewis EF, Uno H, et al. Detection and prognostic value of pulmonary congestion by lung ultrasound in ambulatory heart failure patients. *Eur Heart J*. 2016;37(15):1244-51.
- Rivas-Lasarte M, Álvarez-García J, Fernández-Martínez J, et al. Lung ultrasound-guided treatment in ambulatory patients with heart failure: a randomized controlled clinical trial (IUS-HF study). *Eur J Heart Fail*. 2019;21(12):1605-13.
- Noble VE, Murray AF, Capp R, Sylvia-Reardon MH, et al. Ultrasound assessment for extravascular lung water in patients undergoing hemodialysis time course for resolution. *Chest*. 2009;135(6):1433-9.
- Vitturi N, Dugo M, Soattin M, et al. Lung ultrasound during hemodialysis: the role in the assessment of volume status. *Int Urol Nephrol*. 2014;46(1):169-74.
- Torino C, Gargani L, Sicari R, et al. The agreement between auscultation and lung ultrasound in hemodialysis patients: the LUST study. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2016;11(11):2005-11.
- Antonio AP, Castro PS, Schulz L, et al. Lung ultrasound findings predict weaning failure from mechanical ventilation [abstract]. *Crit Care*. 2014;18(Suppl 1):P298.
- Copetti R. Is lung ultrasound the stethoscope of the new millennium? Definitely yes! *Acta Med Acad*. 2016;45(1):80-1.

SUMMARY

Lung ultrasound promising method for assessing acute dyspnea and monitoring decompensated heart failure

Ultrasound plays an important role in several medical fields. The heart was the first organ for which ultrasound gained clinical utility, followed by obstetric and gynecological applications. Shortly thereafter, abdominal organs and blood vessels became targets for ultrasound examination. The lung was long considered inaccessible for ultrasound due to its high air content. Work since the 1990s has however established a role for lung ultrasound, in leveraging several technical artefacts generated in the normal lung and in conditions with reduced air content, to allow rapid diagnosis of interstitial fluid accumulation, pneumothorax, pneumonia among others. In this article, we provide an overview of the potential of lung ultrasound, particularly as a promising method for assessment of patients presenting with acute dyspnea in the emergency department and for monitoring residual fluid in patients with decompensated heart failure. We also discuss limitations and caveats of the method.