

# Ultralydsskanning af lungerne hos den kritisk syge patient

Reservelæge Søren Vad Jepsen, afdelingslæge Aage Christiansen & overlæge Erik Sloth

Ved behandlingen af den akut syge patient har udredning af de pulmonale forhold høj prioritet jf. ABC-dogmet. I den akutte lungediagnostik benyttes fortsat parakliniske undersøgelser med lav sensitivitet, f.eks. auskultation og røntgen af thorax (RTX). Ofte suppleres med computertomografi (CT), en resursekrævende undersøgelse med et kompliceret *set-up*, der ikke er helt ufarlig for den kritisk syge patient. Auskultation og specielt RTX optaget i liggende stilling afslører ikke altid lungeskader som f.eks. pneumothorax (PTX) (RTX: sensitivitet 28-50% [1, 2] sammenlignet med CT), og det kan være svært at afgøre, hvad der gemmer sig bag den »hvide lunge« på RTX fra en intensiv patient [3].

Der er således behov for andre lettilgængelige undersøgelser af lungerne. I denne statusartikel beskriver vi anvendelsesmuligheder, principper og de »typiske tegn«, man benytter sig af ved lungeultralyd. Det har altid heddet sig, at »luft er ultralydens værste fjende« – et gammelt dogme, der er både rigtigt og forkert. For paradoksalt nok er det netop ultralyds artefakter bl.a. hydrørende fra luftholdigt væv, der giver ultralyd (UL) unikke egenskaber, som et lungediagnostisk værktøj.

## FYSISK BAGGRUND OG ANVENDELSESMULIGHEDER

UL-billedet bliver – groft sagt – dannet ud fra refleksioner af lydimpuls udsendt fra en transducer. Typisk præsenteres UL-signalerne som et todimensionelt gråtonebillede i *B-mode*, hvor UL-bølger udsendes i tynd stråle, der reflekteres/absorberes/refrakteres/transmitteres afhængig af vævets ekkogenicitet. Der dannes således et tværsnit af den undersøgte struktur, hvor et punkt afbilledet på UL-apparatets skærm er bestemt af afstanden fra proben og strukturens ekkogenicitet. *Brightness (B)-mode* kombineres med *motion (M)-mode*, hvor *B-mode* gengives som en funktion af tiden, se **Figur 1**. Strukturernes kan fremstå isoekkoiske (som leveren), hyper- (lyse) eller hypoekkoiske (mørke). Den benyttede transducerfrekvens bør ligge i et område, der både muliggør overfladisk og relativ dyb skanning dvs. omkring fem MHz. Transduceren, som anvendes til lungeskanning, bør være af linjær eller kurvet type. Nyere scannere kan have filtre aktiveret, der »uheldigvis« kan fjerne

nogle af de artefakter, der er informationsgivende [4].

Anvendelsesmulighederne for lungeultralyden omfatter diagnostik af pleuravæske, PTX, interstitielt syndrom (f.eks. lungeødem, lungeinfektion, lungekontusion og *adult respiratory distress syndrome* (ARDS)), differentiering mellem forskellige årsager til alveolær konsolidering (atelektase (partiell eller total), typer af pneumoni og abscesdannelse) [3] samt kontrol af korrekt endotrakeal intubation [5].

## SKANNINGSMETODER VED LUNGEULTRALYD

Af praktiske grunde inddeles lungerne UL-mæssigt i tre zoner: anterior, lateral og posterior zone der er adskilt af forreste og bageste axillærline. Lungerne afgrænses ved skanningen kranialt af costa 1 og kaudalt af diafragma. Skanningen foretages longitudinalt i forhold til kroppens længdeakse. Det anbefales at følge fire trin [3, 4].

*Trin 1:* Skanning af den anteriore zone med patienten i rygleje, hvor der undersøges for PTX, interstitielt syndrom, atelektase og intubationsforhold.

*Trin 2:* Skanning af den laterale zone, hvor transduceren føres nedad, f.eks. langs midt-aksillærlinjen parallelt med madrassen mhp. detektering af pleuravæske/-væske, alveolær konsolideration og evt. højstående diafragma.

*Trin 3:* Med patienten i sideleje (helt eller delvist) er det muligt at visualisere den posteriore zone, hvor selv meget små mængder pleuravæske (som det ses ved begyndende hæmothorax) og beskedent konsolideret lungevæv kan fremstilles. (Pleuravæske fremstilles også med subkostal adgang på begge sider både i Trin 2 og 3).

*Trin 4:* I sideleje eller siddende undersøges hele den posteriore zone.

## BILDEFORTOLKNING VED LUNGEULTRALYD

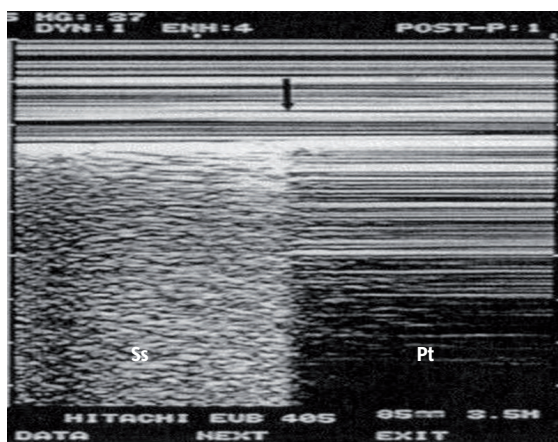
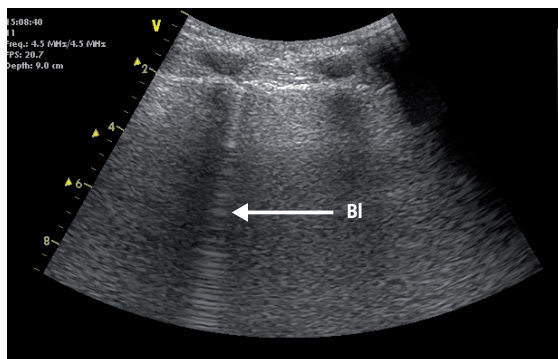
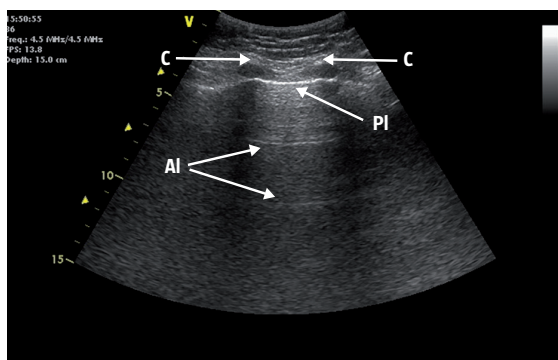
Lungeultralyd starter normalt i zone 1 mellem costa 2 og 3. Først visualiseres de øvre og nedre ribben som kaster hypoekkoiske skygger (Figur 1) og mellem to ribben ses (hos voksne) 0,5 cm under kostalinien en hyperekkokisk, horisontal linie [4]. Det er *the pleural line*, der repræsenterer pleura, altså mødet mellem thoraxvæggen og den luftfyldte lunges overflade. Det

## STATUSARTIKEL

Århus Universitets-hospital, Skejby, Anæstesiologisk-Intensiv Afdeling I

 FIGUR 1

Ultralydsbilleder der illustrerer nogle af de informationsgivende artefakter. **A:** Illustration af *the bat sign*. Ved skanning mellem to costae anes disses overflade som hyperekkoiske strukturer (C). Tydeligere er dog skyggerne bag costae, der ses som hypoekkoiske ovaler. Lidt dybere imellem costae ses *the pleural line* som en hyperekkoiske linje (PL). *The bat sign* dannes af costae overflade og *the pleural line*. Ofte ses et eller flere »ekkoer« af *the pleural line* i dybden. De kaldes *A-lines* (AL). **B:** Ultralydsfremstilling af en *B-line* (BL), der også kaldes *comet-tail* pga. det karakteristiske udseende. Artefaktet går som en linje ubrudt til scannerens skærms kant og er dynamisk (bevæger sig ved skanning). **C:** Billedet viser *lung point* afbildet i *motion-mode*. Pilen angiver mødet mellem lungen og thoraxvæggen. På venstre side af billedet er lungen normal, illustreret ved *Sea shore sign* (Ss) – pleurablade ligger mod hinanden. På højre side af billedet er der pneumothorax (Pt), og der forekommer i *motion-mode* kun horisontale linjer.



kaldes *the bat sign* – de to ribben og pleura danner udseendet af en flagermus i flugt. Fremstillingen af *the bat sign* bør altid starte enhver lungeultralydundersøgelse, idet det sikrer et korrekt »vindue« med valide informationsgivende artefakter [3, 4].

Nogle af de forskellige informationsgivende tegn i basal lungeultralyd fremgår af Figur 1. For det første ses i den normale lunge *lung sliding*. Det er et dynamisk tegn, der indikerer pleurabladenes naturlige bevægelse i forhold til hinanden under respirationsbevægelser. *Lung sliding* bliver tydelig, jo mere man op søger de kaudale dele af lungen. *Lung sliding* kan være mere eller mindre udtalt, men giver altid samme vigtige information – de to pleurablade ligger opad hinanden. For at erkende meget små bevægelser kan man supplere med *M-mode*, hvor man under normale forhold vil opnå et karakteristisk mønster i to dele. *Pleural line* adskiller to områder som en klar horisontal linje; et område med horisontale linjer øverst på skærmen og nederst et grumset (bølget) område. Et samlet billede, der ligner en kystlinie, deraf tilnavnet *Sea Shore Sign*, er en alternativ fremstilling af *lung sliding*. Fravær af *lung sliding* tyder på PTX, men kan ses ved enhver tilstand med ophævet lungeudfoldelse (massiv atelektase, adhærent pleura, emfysem, simpel apnø og hurtig, overfladisk respiration), og fravær bør derfor kombineres med patientens klinik i øvrigt.

Ud over *lung sliding* er der andre informationsgivende tegn nemlig artefakter, som udgår fra *the pleural line*. *Pleural line* og *B-lines* fremkommer ved fænomenet *reverberation*: Multiple lydrefleksioner mellem vævslæg og UL-proben, der opstår, når lyd rammer overgangen mellem to strukturer med markant forskellige akustiske egenskaber (f.eks. væv og gas).

Artefakterne kan deles i to grupper – horisontale og vertikale artefakter. Horisontalt beliggende kan man ofte se en repetition i dybden af *the pleural line*. Dette kaldes *A-lines* og ses i den normale lunge. Som skygger af *pleural line* gentages de med den afstand, der er mellem transducer og pleura [3, 4].

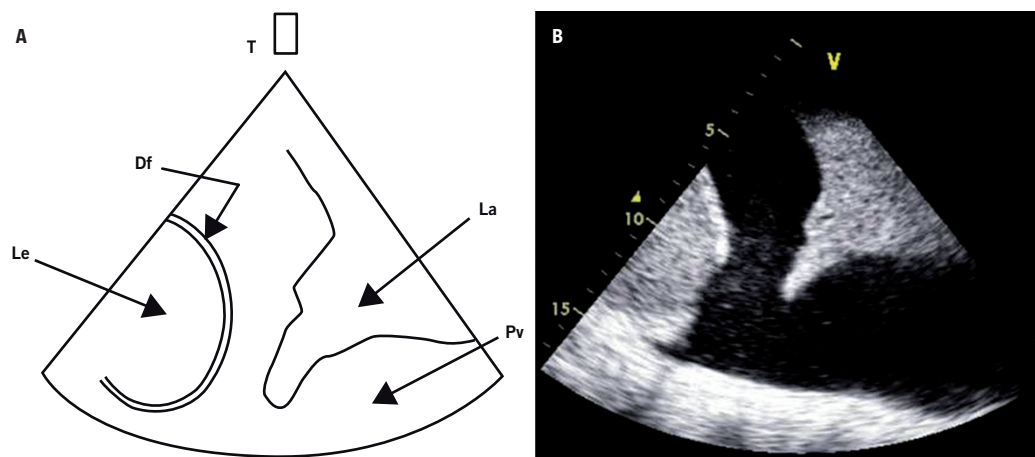
Blandt de vertikale artefakter er *B-lines* de hyppigste. Kaldes også *comet-tails*. Dette artefakt starter som alle andre artefakter ved *the pleural line* og udviser eventuelle *A-lines*. Artefaktet er tydeligt defineret og går ubrudt til bunden af UL-billedet, modsat andre ubetydelige vertikale artefakter, der ganske langsomt udviskes i dybden. *B-lines* bevæger sig ved respirationsbevægelser – synkront med *lung sliding*, og de er tilstede ved det alveolære interstitielle syndrom. *B-lines* udspringer fra lungen overflade, og tilstedeværelsen af bare en enkelt *B-line* udelukker PTX på trods af fravær af *lung sliding* [3, 4].

Eftersom 98% af alle PTX på liggende patienter



FIGUR 2

**A:** Skitse af pleuravæske og atelektatisk lungevæv. T = transducer; Df = diafragma (hyperekkoiske bræmme); Le = lever; La = lungevæv(atelektatisk); Pv = pleuravæske. **B:** Ultralydsbillede af pleuravæske og atelektatisk lungevæv.



findes anteriort og kaudalt, bør undersøgelse for *lung sliding* indledes i den anteriore zone. Ved fravær af *lung sliding* anteriort flyttes transduceren mere lateralt under iagttagelse af tilstedeværende *lung sliding* (vil indikere lungens møde med thoraxvæggen = punktet hvor PTX ophører), hvilket er et 100% specifikt tegn på PTX kaldet *lung point* [4]. Lungen er måske kun detekterbar under inspiration, hvor den ligger i tæt relation til thoraxvæggen – dette er karakteristisk for en mindre PTX. Derfor er tegnet *lung point* hyppigst ved PTX, der er svært erkendelig eller ikke synligt på RTX.

Oftest ses flere *B-lines* samtidigt, og det har fået navnet *B+* eller *lung rockets*. *B-lines* er et normalt fænomen, hvis der kun er 1-2, eller hvis de findes basalt i lungen (sidste interkostalrum over diafragma) – de findes her hos 27% af raske forsøgspersoner [4, 6]. Det alveolære interstitielle syndrom kan defineres ved tilstedeværelsen af mere end to *B-lines* i en given lungeregion (hos intensivpatienter) [4]. *B-lines* med > 7 mm afstand (*B7-rockets*) repræsenterer fortykkelse af interlobulære septae i lungevævet [6], svarende til *B-Kerley lines* på RTX, og ses typisk ved lungeødem. *B-lines* med < 3 mm afstand (*B3-rockets*) korresponderer til *Ground-glass Opacity* ved højopløsnings-computertomografi, hvilket afspejler alveolær fortykkelse eller inflammation med tab af luftfyldte, der er associeret med tilstande som ARDS, pneumoni eller lungeødem.

Patienter med lungeødem har *lung rockets* over hele thoraxvæggen i 100% af tilfældene, mens kun 8% af patienter med eksacerbation i kronisk obstruktiv lungelidelse (KOL) har dette [3, 4, 6]. Lunge-UL er et glimrende supplement til RTX i skelen mellem disse til tider ensudseende tilstande, og lunge-

kontusion kan ligeledes identificeres før dette manifesterer sig på RTX.

Af ovenstående fremgår det, at en stor del af de pleurapulmonale informationer, som kan opnås med UL, hidrører fra, »hvad man normalt opfatter som UL-artefakter«. Det må i den forbindelse ikke glemmes, at konventionel billeddannelse naturligvis stadig har sin berettigelse især til evaluering af lungekonsolidering og pleuraansamling. Lungekonsolidering er udtrykket for alveolens tab af luft og opfyldning med væske i stedet, som det ses ved pneumoni og atelektase, hvilket altid vil forbedre de akustiske forhold. Konsolideringerne findes gerne basalt og/eller i kontakt med thoraxvæggen, som er en betingelse for brug af UL til diagnostikken. Lungekonsolideringen ligner levervæv i udseende (Figur 2). Der kan indimellem ses hyperekkoiske punkter eller linjer, der gengiver luftfyldte områder i bronkier/bronkioler kaldet *air bronchograms*. Afhængigt af, om de bevæger sig i forhold til respirationen, kan man afgøre, om det drejer sig om atelektatisk væv eller pneumonisk væv. Tilstedeværelse af tumor, malign proces og absces kan ses direkte.

Ultralyd er andre teknikker overlegen i bedømmelsen af pleuraekssudat/-ansamlinger (Figur 2).

#### OPSUMMERING OG FREMTIDIGE ASPEKTER

For at lungeultralyd kan vinde mere indpas i behandlingen af kritisk syge patienter er det nødvendigt med udbredelse og kendskab til teknikken. Der er behov for teoretisk og praktisk undervisning, og der bør udfærdiges standardiserede protokoller for udførelse, tolkning og formidling.

Eftersom UL allerede er en integreret del af anæstesi, intensiv terapi og akut medicin (transøsofageal



## FAKTA

Traditionelt er thoraxultralyd begrænset til visualisering og bedømmelsen af pleuraekksudat/ansamlinger, hvor metoden er andre teknikker overlegen.

Det er nyt, at ultralyd kan benyttes til visualisering af sygdomstilstande i luftfyldt lungevæv.

Ultralyd kan med fordel benyttes på lungerne til at diagnosticere pneumothorax, lungeødem, lungekontusion, pneumoni, abscesser og tumorer samt ved partiel eller total atelektase (f.eks. ved intubation af højre hovedbronkus).

Lungeultralyd har en langt højere sensitivitet ved detektion af pneumothorax hos traumepatienter end traditionelt (liggende) røntgen af thorax, 28-50% versus 86-100%.

Lungeultralysartefakter i form af *reverberation* (multiple lydrefleksioner mellem vævslag og ultralydsproben, der opstår, når lyd rammer overgangen mellem to strukturer med markant forskellige akustiske egenskaber f.eks. væv og gas) er informationsgivende ved lungeultralyd.

Ved lungeødem ses en speciel form for *reverberation* kaldet *lung-rockets*. 100% af patienter med lungeødem har *lungrockets*, mens dette kun er tilfældet hos 8% af patienter med eksacerbation i kronisk obstruktiv lungelidelse.

Lungeultralyd er umuligt i områder med subkutant emfysem eller store bandager og besværliggøres ved betydelig fedme og hos *adult respiratory distress syndrome*-patienter.

ekkokardiografi [7], *focus assessed transthoracic echocardiography* [8], nerveblokader [9] og vaskulær adgang [10]), er apparatur ofte i stor udstrækning til stede i afdelingerne – ofte i let transportabel form. Det faktum, at UL kan udføres noninvasivt, repeteres ubesværet, uden benyttelse af stråling og kontrastmidler, gør metoden yderst attraktiv ved sygesengen.

UL er allerede en velkendt billedmodalitet til at påvise og drænere pleuraansamlinger, men kan yderligere bidrage til diagnostiske informationer, der dog forudsætter et kendskab til undersøgelsesteknik og billedfortolkning ved ultralydskanning af lungerne.

**KORRESPONDANCE:** Søren Vad Jepsen, EL-anæstesi, Århus Universitetshospital, Århus Sygehus, DK-8000 Århus C. E-mail: cepeh@stofanet.dk

**ANTAGET:** 14. september 2008

**INTERESSEKONFLIKTER:** Ingen

**TAKSIGELSER:** Vi ønsker at takke Daniel A. Lichtenstein, Paris, for lån af billedet i Figur 1C.

## LITTERATUR

- Soldati G, Testa A, Sher S et al. Occult traumatic pneumothorax: diagnostic accuracy of lung ultrasonography in the emergency department. *Chest* 2008;133:204-11.
- Zhang M, Liu Z, Yang J et al. Rapid detection of pneumothorax by ultrasonography in patients with multiple trauma. *Crit Care* 2006;10:R112.
- Lichtenstein DA. General ultrasound in the critically ill. Berlin: Springer Verlag, 2005:1-19 og 96-134.
- Lichtenstein D. Ultrasound in the management of thoracic disease. *Crit Care Med.* 2007;35:250-61.
- Kirkpatrick AW, Sirois M, Laupland KB et al. Hand-held thoracic sonography for detecting post-traumatic pneumothoraces: The extended focused assesment with sonography for trauma (EFAST). *J Trauma* 2004;57:288-95.
- Lichtenstein D, Goldstein I, Mourgeon E et al. Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology* 2004;100:9-15.
- Sloth E, Hasenkam JM, Kristensen BO et al. Transøsofageal ekkokardiografi til hæmodynamisk registrering. Et nyt anæstesiologisk værktøj. *Ugeskr Læger* 1993;55:3989-93.
- Jensen MB, Sloth E, Larsen KM et al. Transthoracic echocardiography for cardiopulmonary monitoring in intensive care. *Eur J Anaesthesiol* 2004;21:700-7.
- Bendtsen TF, Koscielniak-Nielsen ZJ. Ultralydsvejledt perifer nerveblokada. *Ugeskr Læger* 2007;169:1096.
- Karakitsos D, Labropoulos N, de Groot E et al. Real-time ultrasound-guided catheterisation of the internal jugular vein: a prospective comparison with the landmark technique in critical care patients. *Crit Care* 2006;10:R162.



## DANISH MEDICAL BULLETIN

Det nye nummer af Danish Medical Bulletin er nu tilgængeligt på nettet: [www.danmedbul.dk](http://www.danmedbul.dk)

Vi modtager gerne manuskripter fra danske forfattere, både originalartikler og oversigtsartikler.

## Original article

Takotsubo cardiomyopathy: an important differential diagnosis to acute myocardial infarction: *Lene H. Nielsen, Kim Munk, Ole Goetzsche et al.*

## Abstracts of dissertations

- Lentiviral vectors in neurodegenerative disorders – aspects in gene therapy and disease models: *Troels T. Nielsen.*
- Technical challenges and clinical implications of preoperative sentinel node identification in breast cancer and cutaneous melanoma: *Annette H. Chakera.*
- Palliative home care for cancer patients in Denmark – with a particular focus on the present and future role of general practice: *Mette A. Neergaard.*
- Leukotriene C4 synthase and risk of cardiovascular disease: *Jacob Freiberg.*
- Tourette syndrome and co-morbidity. Diagnostic process and impact of psychosocial consequences, severity of tics, pharmacological treatment, and intelligence: *Nanette M.M.M. Debes.*
- Culture of human mast cells – the influence of progenitor source and culture conditions: *Hanne B. Andersen.*
- Molecular and functional aspects of type 1 diabetes genetics: *Caroline A. Brorsson.*
- The risk of cerebral palsy and autism in children born after assisted conception: *Dorte Hvidtjørn.*