



Abb. 1: Echtzeit-bildgebung in der Notfallmedizin durch ultramobile Sonografie

Autoren:

**Stephanie Blum
Frank Heringer
Felix Walcher**

Frankfurter interdisziplinäres Institut für Notfallmedizin und Simulationstraining (FINeST) der Goethe-Universität Frankfurt am Main
Marienburgstr. 5-7,
1. OG
60528 Frankfurt am Main

Tim Salinger

Jens Broscheit
Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie (Direktor: Prof. Dr. h.c. N. Roewer)
Klinikum der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität
Oberdürrbacherstr. 6
97080 Würzburg

Armin Seibel

Abteilung für Anästhesie, Intensiv- und Notfallmedizin
Diakonie Klinikum GmbH Jung-Stilling (Chefarzt: PD Dr. R. Giebler)
Wichernstr. 40
57074 Siegen

Alexander

Dinse-Lambracht
Universitätsklinikum Ulm
Klinik für Anästhesiologie (Direktor: Prof. Dr. M. Georgieff) Albert-Einstein Allee 23
89081 Ulm

Marco Campo dell'Orto

Abteilung für Kardiologie, Notfall- und Intensivmedizin
Kerckhoff Klinik (Chefarzt: Prof. Dr. C.W. Hamm)
Benekestr. 2-8
61231 Bad Nauheim

Raoul Breitreutz

Zentrale Notaufnahme
Klinikum Frankfurt (Hochst) (Chefarzt: Dr. P.-F. Petersen)
Gotenstr. 6-8
65929 Frankfurt a. M.

Ultraschall-basierte B-Linien-Diagnostik bei Luftnot: Geeignet für den Rettungsdienst?

Die B-Linien-Diagnostik der Lungen ist ein Screening-Verfahren für Patienten mit akuter Dyspnoe. Notärztlich können dadurch eine Verbesserung der Differenzialdiagnose der Dyspnoe erfolgen und ein Lungenödem von z.B. einer COPD unterschieden werden. Diese Technik eignet sich für die Notfallmedizin und beinhaltet eine einfache B-Mode-Sonografie. Es bietet vor allem die Möglichkeit, Patienten mit pulmonal-venöser Stauung schon bei sehr geringer Symptomatik am Einsatzort oder im RTW zu erkennen.

Daraus ergeben sich unmittelbare Therapie- und Prozessentscheidungen. Der Untersuchungsgang ist schnell, d.h. innerhalb von 30-60 Sekunden durchführbar und mit geringem Schulungsaufwand leicht zu erlernen. Aus unserer Sicht ist die B-Linien-Ultraschall-diagnostik der Lunge auch für Rettungsassistenten als Screening-Verfahren geeignet und unterstützt frühere Ansätze, bildgebende Verfahren in die klinische und präklinische Notfallmedizin einzuführen. Daher führen wir eine prospektive Studie in Frankfurt/Main und Ulm zur Überprüfung der Methodik durch.

Luftnot ist ein im Rettungsdienst häufig anzutreffendes Symptom. Etwa 2/3 der Ursachen akuter Dys-

pnoe sind auf kardiale oder pulmonale Erkrankungen zurückzuführen (1). Dazu gehören z.B. eine Stauung, wie sie beim kardialen Lungenödem auftreten kann, eine (infekt-)exazerbierte COPD, ein Asthmaanfall oder auch eine Pneumonie. Weitere mögliche Differenzialdiagnosen hämatologischer, metabolischer oder psychovegetative Genese wie auch seltene Erkrankungen müssen zudem in Betracht gezogen werden (1).

PROBLEM: DIFFERENZIALDIAGNOSE UND THERAPIE DER AKUTEN LUFTNOT

Vor allem bei älteren Patienten mit kombinierten kardiopulmonalen Vorerkrankungen ist die Unterscheidung

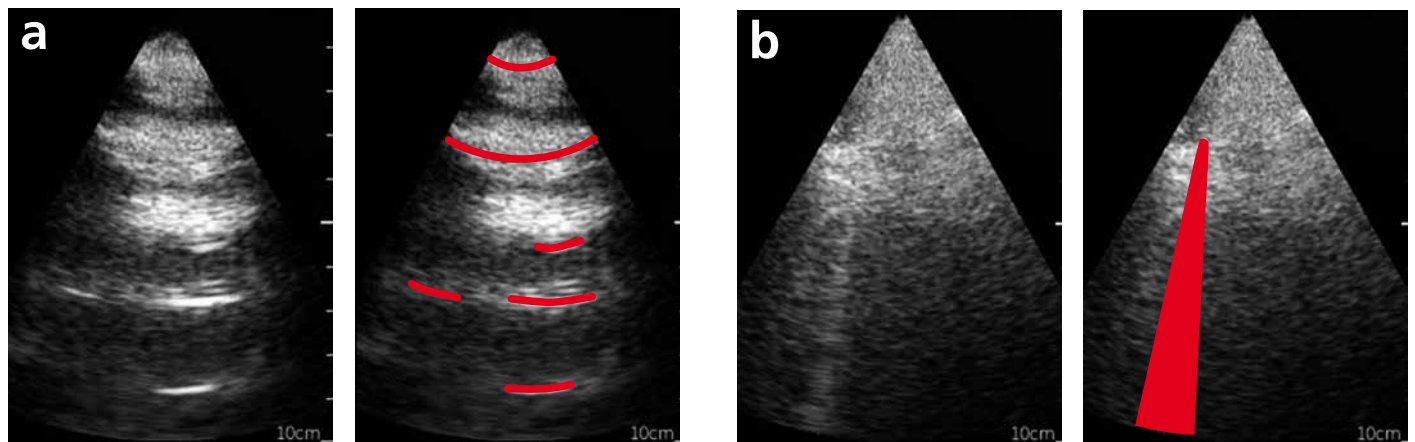


Abb 2:
 a) Der Zustand beim Gesunden: Die Pleuralinie und ihre Wiederholungsartefakte sind sichtbar
 b) Eine einzelne B-Linie kommt auch beim Gesunden vor (Markierung, Pfeil)

zwischen den einzelnen Ursachen vor Ort oftmals schwierig und kann zu Fehleinschätzungen führen. Dabei kann eine schnelle Diagnostik einer pulmonal-venösen Stauung, wie in der Vorstufe des Lungenödems mit anschließender Therapie, lebensrettend sein.

Allein aufgrund der klinischen Symptome, Erstuntersuchung mit Auskultation und weiteren Messwerten wie Blutdruck, Herzfrequenz, peripherer SpO₂ kann die Einschätzung der klinischen Problematik häufig nur eine unscharfe Verdachtsdiagnose sein und lässt eine Differenzierung zwischen den verschiedenen Ursachen der Luftnot selten zu. Bei Patienten mit kardialen Lungenödem führt eine bereits früh einsetzende alveoläre Ödembildung zu Symptomen wie Hustenreiz, Giemen und Brummen. Es entwickelt sich ein Asthma cardiale, was auch sehr stark an eine (infekt-)exazerbierte COPD denken lässt. Die engere Differenzialdiagnostik beginnt bisher dann erst richtig in der Notaufnahme und umfasst die klinische Untersuchung, Blutgasanalyse, Sonographie und Röntgenuntersuchungen.

Beim Lungenödem steht meist die kardiale Minderleistung als Ursache im Vordergrund. Flüssigkeit

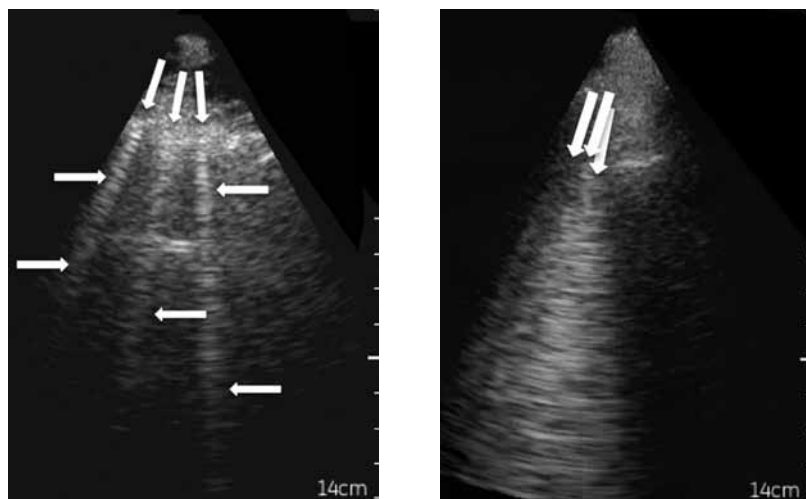
staut sich vom linken Herzen zurück in den Lungenkreislauf und führt zu Luftnot und erhöhter Atemfrequenz. Bei der COPD sind die Obstruktion der Bronchien und Bronchiolen mit expiratorischem Kollaps sowie die intrabronchiale Schleimansammlung und Hyperreagibilität sowie bei Infekt-Exazerbation die Inflammation bestimmend.

Daher unterscheiden sich die Therapien voneinander: Die medikamentöse Therapie des kardialen Lungenödems besteht in der Sicherstellung der ausreichenden Oxygenierung und der Entlastungstherapie des Herzens (Vor- und Nachlastsenkungen), also in hoch-dosierter Sauerstoffgabe, idealerweise mit Maske und Reservoir bzw. in der auch im Rettungswagen angewandten CPAP-Beatmung, und häufig in der frühen Gabe von Nitroglycerin, Diuretika oder Morphin, um die Vorlast zu senken, sowie u.a. Urapidil oder Kalziumantagonisten zur Senkung der Nachlast (2).

Im Unterschied dazu und von der pharmakologischen Wirkung annähernd gegensätzlich umfasst die Behandlung der Luftnot bei exazerbierter COPD die bronchienerweiternde Therapie mit topischen Beta-2-Sympathomimetika wie Salbutamol und Anticholinergika wie Ipratropiumbromid und Kortikoiden. Insbesondere wird die Sauerstoffzufuhr eher gering gehalten (3), um eine Verminderung des Atemantriebs zu vermeiden. Bei Infektion wird zumeist in der Notaufnahme bereits mit einem Antibiotikum zusätzlich weiterbehandelt. Beiden Therapiestrategien ist es gemeinsam, dass der Patient sitzend gelagert wird und eine Entlastung der Atmung durch Einsatz der Atemhilfsmuskulatur (Aufstützen der Hände) erreicht werden kann.

Die Entscheidung, ob ein Lungenödem oder eine COPD vorliegt, ist mit den derzeit im Notfallmedizinischen Setting zur Verfügung stehenden Mitteln nicht möglich und basiert auf den Erfahrungen des Notarztes. Daher besteht die Gefahr, dass der Patient entweder

Abb 3: Multiple B-Linien entsprechen Flüssigkeitsansammlungen der Lunge, können zählbar sein oder sogar zusammenfließen, sodass sie nicht mehr abgrenzbar sind



unzureichend (Unterdosierung des Sauerstoffs bei Lungenödem,) oder polypragmatisch (Überdosierung bei COPD, topische Beta-2-Sympathomimetika und Kortikoide auch bei Asthma cardiale) therapiert wird.

B-LINIEN-DIAGNOSTIK IM LUNGENULTRASCHALL

Die B-Linien-Diagnostik ist ein neues Verfahren, das mit mobilem Ultraschall zur Verbesserung der Differenzialdiagnose der Dyspnoe dient. Es handelt sich um die Darstellung eines besonderen Ultraschallartefakts, der sogenannten B-Linie (Abb. 2), deren Auftreten in der Ultraschalluntersuchung unmittelbar mit dem interstitiellen Flüssigkeitsgehalt des Lungengewebes vergesellschaftet ist (4, 5). Bei pulmonalvenöser Stauung kommen daher sehr viele B-Linien vor (Abb. 3). Damit kann ein kardial-bedingtes Lungenödem schon in sehr frühen Stadien erkannt werden, sogar wenn der Patient „noch nicht so richtig“ Luftnot angibt. Dieses Verfahren ist bereits von zwei medizinischen Leitlinien anerkannt (6, 7).

UNTERSUCHUNGSGANG UND ANLOTUNGSPUNKTE MIT DER ULTRASCHALLSONDE

Es gibt mehrere Möglichkeiten, diese Technik anzuwenden. Am sinnvollsten erscheint den Autoren die strukturierte Vorgehensweise im Seitenvergleich. Der anteriore Brustkorb wird sonografisch in Ober-, Mittel- und Unterfeld auf beiden Seiten quasi in Regionen eingeteilt. Anatomische Landmarken sind das Sternum, die Intermamillarlinie und die Medioklavikularlinie.

Beim liegenden Patienten beginnt man oberhalb der Mamillen (2. oder 3. Interkostalraum, ICR) und erreicht so die Oberfelder der Lunge. Danach schaut man sich jeweils ca. 2 cm medial oder lateral der Mamillen auf Höhe des 5. oder 6. ICR und posterolateral ca. auf Höhe eines des 7. bis 9. ICR mit je einer Anlotung die Lungen an (Abb. 4). Wichtig ist, dass man genügend Gel auf der Haut oder dem Schallkopf aufträgt (für eine gute Ankopplung), den Schallkopf fest an die Thoraxwand andrückt und nicht auf einer Rippe anlegt, da sonst das Bild auf dem Monitor „schwarz“ bleibt. Zudem ist wichtig, den Schallkopf senkrecht zur Hautoberfläche aufzustellen, damit in die Lunge „hineingeschaut“ werden kann.

Da Patienten mit Luftnot meistens sitzend oder halb sitzend gelagert werden müssen, kann man diese Anlotungen auch problemlos am Rücken anwenden, wenn man den Patienten bittet, sich etwas nach vorne überzubiegen. Dabei teilt man sich den Rücken entlang der Wirbelsäule jeweils rechts und links ein und definiert nach Augenmaß in Ober-, Mittel- und Unter-

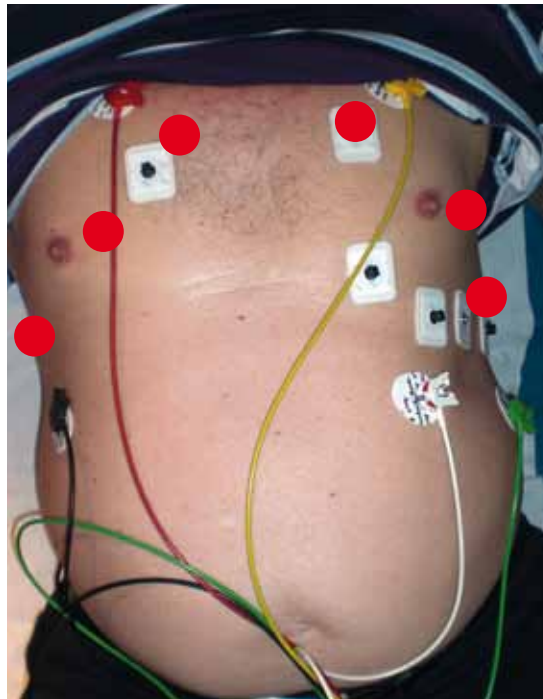


Abb 4: Ventrale Schallkopfpositionen beim liegenden Patienten (markiert durch Punkte)

feld. Die Anlotung erfolgt ungefähr 2-4 cm paravertebral im Ober- und Mittelfeld sowie 4-6 cm paravertebral (oder in der posterioren Medioklavikularlinie) im Unterfeld, wobei vermieden werden muss, direkt auf den Schulterblättern anzuloten (Abb. 5). Es kann für eine vereinfachte Anwendung nacheinander medial der Schulterblätter und unterhalb der Schulterblätter jeweils beidseitig angelotet werden.

DARSTELLUNG AUF DEM ULTRASCHALLBILD

Im Ultraschallbild der gesunden Lunge sieht man in der Regel mehrere horizontale Linien, die in gleichen Abständen voneinander verlaufen (Abb. 2). Bei der ersten sehr hellen horizontalen Linie handelt es sich um die Reflexion der Ultraschallwellen an den Pleurablättern, die die Thoraxwand auskleiden (Pleura parietalis) und die Lunge (Pleura visceralis) bedecken. Diese beiden Pleurablätter bewegen sich bei der physiologischen, funktionierenden Atmung gegeneinander. Dieses als „Lungengleiten“ bezeichnete Phänomen kann aufgrund der Dynamik in einer Abbildung nicht demonstriert werden. Die unter der Pleura abgebildeten horizontalen Linien sind Reverberationen der Pleura (Wiederholungsartefakte). Bildartefakte bedeutet, dass diese Linien physikalisch nicht im Menschen existieren, also keiner anatomischen Struktur entsprechen.

Auch bei B-Linien handelt es sich im Ultraschallbild um Schallartefakte der Lunge. Sie entstehen an Grenzflächen zwischen luftgefüllten Alveolen und ödematös verdickten Alveolarsepten oder sogar ganz



Abb 5: Dorsale Schallkopfpositionen beim sitzenden Patienten

oder teilweise mit Ödemflüssigkeit gefüllten Alveolen. Luft-Wasser-Gemische wie z.B. ein sprudelnder Wasserhahn können dieses Artefakt ebenso erzeugen.

Die B-Linie (Abb. 2 und 3) ist ein vertikaler Artefakt, der von der Pleura ausgeht und sich mit der Lungendbewegung atemsynchron mitbewegt. Das Vorhandensein von B-Linien ist eine Blickdiagnose, kann also sofort von einem trainierten Auge erkannt werden.

Vereinzelte B-Linien können auch bei Gesunden auftreten und sind ohne Krankheitswert (Abb. 2). Bei Zuständen mit mehr Flüssigkeit in der Lunge (Lungenödem, Pneumonie, Lungenkontusion, ARDS) kommt es zum vermehrten Auftreten von B-Linien „multiplen B-Linien“ (6) (Abb. 3). Bilateral auf beiden Lungenhälften auftretende B-Linien in mehr als zwei Quadranten zeigen ein generalisiertes Lungenödem an, wobei dann im klinischen Kontext ein kardial bedingtes Lungenödem als wahrscheinlichste Ursache anzunehmen ist (4, 5). Hierzu gibt es einen evidenzbasierten Konsensus (6).

Die Untersuchung selbst lässt sich in weniger als einer Minute durchführen (8). Der Nachweis gelingt dabei auch dem im Ultraschall ungeübten Anwender nach 30-minütiger Schulung und 20 supervidierten Vergleichsuntersuchungen schnell und sicher (9). Das folgende Fallbeispiel soll die Anwendung der Lungensonografie und die Möglichkeiten demonstrieren, die sich daraus ergeben.

FALLBEISPIEL

Ein 72-jähriger Patient kommt wegen Unwohlsein, Schwindel nach dem Schwimmen und leichter Dys-

pnoe per RTW in die zentrale Notaufnahme (ZNA). Er hat keine kardiovaskulären Risikofaktoren. Vom RTW-Team erhält der Patient Sauerstoff und wird in halb sitzender Position gelagert. Der Patient empfindet subjektiv bei Ankunft in der ZNA keine starke Luftnot, obgleich er eine erhöhte Atemfrequenz mit 22/min hat. Er ist schlank und weist ein blasses Hautkolorit auf. Noch auf der Rettungsliege wird der anteriore Thorax in zwei Quadranten oberhalb der Mamillarlinie untersucht (Untersuchungszeit 10 sec). Dabei stellen sich beidseits multiple B-Linien dar. Die Untersuchung wird im Seitenvergleich an je drei Positionen vorgenommen (Abb. 3). Es handelt sich um Originalsonogramme des Patienten. Aufgrund der Befunde wird die Arbeitsdiagnose „pulmonal-venöse Stauung bzw. kardiales Lungenödem“ gestellt und der Patient erhält bei der Verdachtsdiagnose „akutes Koronarsyndrom“ die entsprechende medikamentöse Therapie. Die Sauerstoffzufuhr wurde von 2 l/min auf 8 l/min erhöht. Folgende Vitalwerte wurden erhoben: SpO₂ mit 2 l O₂/min: 90%, RR 163/95 mmHg, HF: 105/min im Sinusrhythmus. In einer systematischen Untersuchung von sechs Regionen zeigen sich überall multiple B-Linien, jedoch kein Pleuraerguss.

Unter der Therapie kommt es zur Ausscheidung von mehr als 1.500 ml Harn und zur Verbesserung der Luftnot sowie der arteriellen Sauerstoffsättigung, was eine Reduktion der Sauerstoffzufuhr auf 2 l/min ermöglicht. Das Nachlassen der Intensität der multiplen B-Linien wurde dokumentiert (vgl. Sonogramme in Abb. 2). Als Ursache wird im Verlauf bei positivem Troponin-Test ein Nicht-ST-Hebungsinfarkt mit einer koronarangiographisch gesicherten, schweren Drei-Gefäß-Erkrankung bei noch gut erhaltener Pumpfunktion des Herzens identifiziert und der Patient entsprechend leitliniengerecht behandelt. Danach wurde der Patient zu einer Bypass-Operation in eine Klinik für Kardiochirurgie verlegt, die OP wurde erfolgreich durchgeführt und der Patient war nach ca. 6 Wochen wieder voll gesundheitlich hergestellt (10).

DISKUSSION

Die Frage nach der Ursache von akuter Atemnot stellt sich im Rettungsdienst und in der Akut- und Intensivmedizin sehr häufig. Der Nachweis von B-Linien mithilfe kleiner, portabler Ultraschallgeräte lässt sich dabei einfach und auch schnell durchführen. Moderne Geräte sind mit leistungsstarken Akkus ausgestattet und lassen sich problemlos mitführen. In der Zentralen Notaufnahme in Frankfurt wird die Methode erprobt und kann unmittelbar an der Schnittstelle zwischen präklinischer und klinischer Versorgung

bei Übernahme des Patienten angewendet werden. Mittlerweile gibt es Ultraschallgeräte, die kaum größer als ein Smartphone sind und problemlos in einer Hand gehalten werden können, wobei bequem der Bildschirm betrachtet werden kann, während mit der anderen Hand die Sonde geführt und der Patient „geschallt“ wird (Abb. 5).

Die Anwendung des Verfahrens wäre unserer Meinung nach problemlos auch präklinisch möglich. So könnten bei Notfallpatienten die Anzahl der Differenzialdiagnosen auch für Dyspnoe vermindert und eine schnelle und angemessene Therapie eingeleitet werden. Das Konzept der frühen B-Linien-Diagnostik bei Dyspnoe schließt damit die Arbeit des Rettungsdienstes ein und würde vorsehen, dass ausgebildete Rettungsassistenten mindestens z.B. nach B-Linien „screenen“ könnten. Der Schwierigkeitsgrad liegt auf der Ebene der Durchführung von Basisuntersuchungen (Anamnese, klinische Untersuchung inkl. Auskultation, Bewertung von Vitalwerten), wenn auch die Sonografie eine neue Form der Diagnostik darstellt.

Im Bereich der Notfallsonografie bei Trauma-Patienten (FAST) und bei Reanimation (FEEL) werden mobile Ultraschallsysteme bereits von Ärzten genutzt (11). Eine Erweiterung dieser Technik bei Patienten mit Atemnot bietet sich daher für das Anwendungsspektrum der Notfallsonografie auch außerhalb des Krankenhauses an.

Bei diesem neuen Verfahren der B-Linien-Diagnostik als Screening-Methode für das kardialbedingte Lungenödem gibt es auch eine Reihe von Limitierungen. Es können nämlich keine genaueren Angaben zum Ursprung des Wassers in der Lunge gemacht werden, d.h. der diagnostische Nachweis von bilateralen multiplen B-Linien ist zwar sehr sensitiv, aber nicht „spezifisch“. So kann neben einem kardialbedingten Lungenödem auch eine Überwässerung bei Niereninsuffizienz, eine beidseitige Pneumonie, Pleuritis oder ein toxisches Lungenödem vorliegen. Auch kann ein Patient mit einer COPD oder einem Lungenemphysem eine Linksherzinsuffizienz bekommen und pulmonal-venös aufstauen, sodass beide Erkrankungen gleichzeitig vorliegen. Entscheidend ist hier also immer die Beachtung des klinischen Kontexts, der vor allem bei der Pneumonie (trockene Lippen oder Haut, Fieber, Schmerzen etc.) anders ist als beim kardialen Lungenödem (hauptsächlich Luftnot und Engegefühl). Daher muss auch bei der Luftnotdiagnostik mittels Ultraschall stets die klinische Gesamtsituation des Patienten mit Anamnese und körperlicher Untersuchung einbezogen werden.

In der klinischen Notfallmedizin wird durch Laborwerte (Infektparameter CRP, Leukozytose), eine Röntgenuntersuchung und eine Blutgasanalyse (Hypoxämie und CO₂-Retention) zumeist die endgültige Diagnose gestellt. Ein strukturiertes, aber auch komplexes Ultraschallprotokoll für die Lungensonografie von kritisch kranken Patienten wurde hierzu vorgestellt (12). Leider liegen auch noch keine aussagekräftigen Studien außerhalb der Untersuchungen bei Patienten aus der Herzinsuffizienzprechstunde in der Akutmedizin vor. Allerdings zeigen diese Studien eine enge Beziehung des Auftretens von multiplen B-Linien und Labordiagnostik sowie Überlebenszeit sehr gut an (5). Wir führen daher aktuell eine prospektive Studie in Frankfurt und Ulm zur Überprüfung der Methodik durch. ©

Literatur:

1. Steffen HM, Griebenow R, Meuthen I, Schrappe M, Ziegenhagen DJ (2008) Internistische Differenzialdiagnostik: Ausgewählte evidenzbasierte Entscheidungsprozesse und diagnostische Pfade. 5. Aufl. Schattauer, Stuttgart, S. 161-196
2. McMurray J et al. (2012) ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012. *European Heart Journal* 33:1787-1847
3. Vogelmeier C et al. (2007) Leitlinie der Deutschen Atemwegsliga und der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin zur Diagnostik und Therapie von Patienten mit chronisch obstruktiver Bronchitis und Lungenemphysem (COPD). *Pneumologie* 61: e1-e40
4. Zechner P, Seibel A, Aichinger G, Steigerwald M, Dorr K, Scheiermann P, Schellhaas S, Cuca C, Breikreutz R (2012) Lungensonographie in der Akut- und Intensivmedizin. *Anaesthesist* 61: 608-17
5. Frassi F, Gargani L, Tesorio P et al. (2007) Prognostic Value of Extravascular Lung Water Assessed with Ultrasound Lung Comets by Chest Sonography in Patients with Dyspnea and/or Chest Pain. *Journal of Cardiac Failure* 13 (10): 830-5
6. Volpicelli G et al. (2012) International Evidence-based Recommendations for Point-of-Care Lung Ultrasound. *Intensive Care Med* 38 (4): 577-91
7. Neskovic AN et al. (2013) Emergency echocardiography: the European Association of Cardiovascular Imaging recommendations. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 14 (1): 1-11
8. Prosen G, Klemen P, Strnad M, Grmec S (2011) Combination of lung ultrasound (a comet-tail sign) and N-terminal pro-brain natriuretic peptide in differentiating acute heart failure from chronic obstructive pulmonary disease and asthma as cause of acute dyspnea in prehospital emergency setting. *Critical Care* 15 (2): R114
9. Bedetti G, Gargani L, Corbisiero A, Frassi F, Poggianti E, Mottola G (2006) Evaluation of ultrasound lung comets by hand-held echocardiography. *Cardiovascular Ultrasound* 4: 34 (1-5)
10. Röhrig S, Seibel A, Breikreutz R (2013) Respiratorisches Versagen in der Akut- und Intensivmedizin – Was kann die Lungensonographie leisten? *Clinotel Journal* 2013 (9): 1-20; Permalink: <http://www.clinotel-journal.de/article-id-009.html> (Zugriff am 30. Juni 2013)
11. Nolan JP et al. (2010) European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010. *Resuscitation* 2010 (81)
12. Lichtenstein D, Mezière G (2008) Relevance of Lung Ultrasound in the Diagnosis of Acute Respiratory Failure – The BLUE Protocol. *Chest* 134 (1): 117-125
13. www.sonoABCD.org (Zugriff am 20. August 2013)

Ein Versuch

Die Autoren Stephanie Blum und Tim Salinger sind beide sowohl Rettungsassistenten als auch Medizinstudenten. Sie besuchten einen Kurs, in dem u.a. der Nachweis von B-Linien der Lunge gelehrt wurde (13). Anschließend famulierten bzw. hospitierten sie vier Wochen bzw. zwei Tage in der Zentralen Notaufnahme des Klinikums Frankfurt am Main (Hoechst), wo nach 30 min Schulungsaufwand (9) mindestens ca. 20 Lungensonografien unter Supervision durchgeführt wurden. Danach waren sie bereits selbstständig und sicher in der Lage, die B-Linien-Diagnostik als Screening bei V.a. Lungenödem anzuwenden.