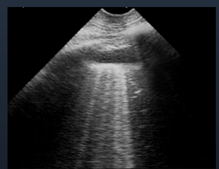
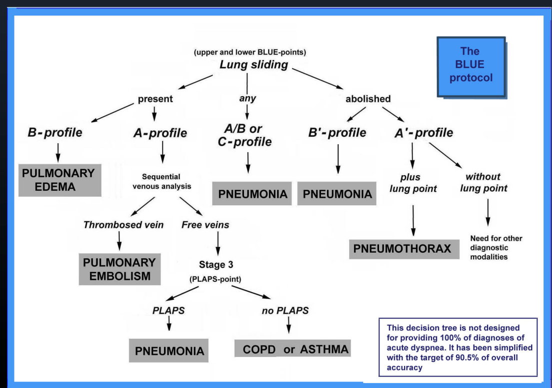
L’ Echographie Pulmonaire

Les dix signes de base chez le patient critique

Introduction au BLUE-protocol et ses dérivés



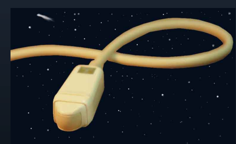
Daniel Lichtenstein
Service de Réanimation Médicale
Hôpital Ambroise-Paré
Boulogne (Paris-Ouest)
France



Ce PDF est couplé avec les vidéos visibles sur

www. CEURF.net

(section BLUE-protocol)



Dernière mise à jour
16 février 2018

Le poumon, hors du domaine de l'échographie ?

"Les poumons représentent un obstacle majeur à l'utilisation de l'échographie au niveau du thorax".

In Harrison PR. Principles of Internal Medicine. 1992:1043

Une réflexion minimale et l'utilisation d'un matériel adéquat permettent de constater que ce dogme n'est fondé sur rien.

Intensive Care Med (1993) 19:353–355

Intensive Care Medicine

Intensive use of general ultrasound in the intensive care unit

Prospective study of 150 patients

Received: 1 July 1991; accepted: 3 December 1992

Annoncée dans le corps de cet article, envoyé dès 1991, l'échographie critique est définie comme cette boucle associant un diagnostic à un geste thérapeutique immédiat. Une fois dans les bonnes mains (celles du médecin, réanimateur et autres), les applications découlent naturellement : Le poumon comme la cible principale, mais aussi cathétérisme veineux, cœur simple et bien d'autres.

L'équipement idéal
Un point critique à comprendre

Le point de vue du CEURF, qui simplifie l'approche, espère créer les bases d'une prochaine table ronde sur l'équipement réellement adéquat.

Les participants de cette table ronde devront être des experts totalement dépourvus du moindre conflit d'intérêt avec l'industrie.

En attendant la réalisation (bien hypothétique) de ce projet, lisez les pages suivantes pour vous faire une opinion hors mode.

Depuis peu, la voix du CEURF commence à être entendue de certains fabricants, et nous avons de nouveau des machines bien plus adaptées que d'autres

L'équipement idéal
Un point critique à comprendre

Le CEURF montre un point de vue différent sur le choix de l'équipement, qui s'intègre dans la définition de l'*échographie holistique.*

Le CEURF définit une discipline comme holistique quand chaque partie (type de machine, type de sonde, type d'application, approche de tel organe...) interagit avec les autres. Dans une discipline holistique, c'est la connaissance de chacun de ces éléments qui permet de comprendre l'ensemble. Ce concept explique comment l'échographie critique peut être profondément simplifiée, au sein d'une discipline *harmonieuse**.

L'équipement est un moment sensible, car il peut faire de l'échographie critique un domaine simple ou complexe.

Just scan different

On peut comparer ce poste à celui des ordinateurs personnels, dont il existe deux grands types, opposés par leur niveau de simplicité, et dont le plus convivial a été largement sous-représenté durant des décennies, avant que la tendance ne s'inverse

•Example basique : l'échographie pulmonaire permet de répondre à la question clinique quand l'échocardiographie Doppler experte est en défaut (fenêtre sous-optimale etc)

L’appareil adéquat

Le concept de l’échographie critique corps entier a été développé en utilisant des appareils simples.

ADR-4000 (1982-1992) Une largeur de 42 cm, donc plus étroit que de nombreux laptops actuels. La révolution 20 ans avant les laptops. Une résolution idéale pour développer l’échographie pulmonaire. Certaines images de ce document viennent de l’ADR-4000

Hitachi-405 (1992-2010). Largeur 32 cm. L’échographie sur site, idéale, 10 ans avant l’avènement des laptops

Pourquoi la vision du CEURF est différente

Les laptop venus du début de l'an 2000 sont bons.

La technologie japonaise que nous utilisons depuis 1992 est juste supérieure.

Les fabricants de laptop ont utilisé sans l'adapter une culture traditionnelle (radiologique et cardiologique), qui ne prenait pas en compte le poumon. L'inclusion du poumon, principal organe vital, change complètement la vision de l'échographie, une discipline holistique. Le Doppler devient moins crucial, pour des applications respiratoires comme circulatoires (voir BLUE et FALLS-protocol). Les filtres, prisés en pensée radiologique, peuvent avoir des effets destructeurs en échographie pulmonaire. L'absence de bonne fenêtre cardiaque n'est plus un problème quand le poumon est analysé. Tout change quand le poumon est pris en considération.

Même l'accès à d'autres domaines (réseau veineux) change totalement, au profit de la simplicité et de l'efficacité.

Pourquoi la vision du CEURF est différente

Les 7 pré-requis pour pratiquer l'échographie critique du CEURF

1) **TAILLE.** Notre appareil est plus petit. Pas en hauteur (une dimension sans intérêt dans un usage hospitalier), mais en largeur, seule dimension importante : 29 cm (33 cm avec chariot). Parfait pour aller vite au lit. Veuillez comparer. Noter que contrairement aux laptops, notre appareil a un toit, ce qui permet d'installer du matériel (sonde etc) sur le toit, réduisant d'autant les dimensions latérales.

2) **VITESSE.** Avec 7 secondes pour l'allumage, notre appareil reste le plus rapide de tout le parc. Un avantage critique dans les urgences extrêmes (arrêt cardiaque).

3) **PROPRETÉ.** Son clavier plat le rend apte au nettoyage rapide et efficace.

4) **SIMPLICITÉ.** Un système simple. Peu de boutons, pas de Doppler, pas d'harmoniques et autres modes. Paradoxalement le meilleur pour l'échographie pulmonaire. Optimise le protocole SESAME (arrêt cardiaque)

5) **RÉSOLUTION.** Une qualité d'image analogique, meilleure donc que les premiers laptops (voir les images de ce document).

6) **SONDE.** Une sonde unique. Voir page suivante.

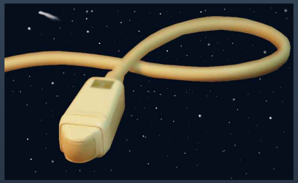
7) COÛT. Un coût accessible (conséquence de 4 et 6), permettant de sauver plus de vies.

Pourquoi la vision du CEURF est différente

La sonde

Notre sonde microconvexe de 5 MHz est parfaite pour le poumon du fait de sa petite empreinte, et de sa portée, allant de 0,6 à 17 cm. Cette sonde est un compromis idéal pour les protocoles rapides pour imager *poumon, cœur, toutes* veines, abdomen, même le nerf optique,* d'intérêt critique dans tout cadre aigu jusqu'à l'arrêt cardiaque : une intégration corps entier du patient critique, sans compromis pour la sécurité du patient.

Sa petite longueur est un atout pour explorer les zones pulmonaires superficielles chez les patients ventilés



* Les sondes vasculaires sont traditionnellement utilisées pour poumons et veines. Notre sonde universelle analyse les veines superficielles comme la jugulaire et profondes comme la veine cave, et dans toutes les incidences sans restriction liée à la dimension de la sonde. La forme des sondes vasculaires crée une limitation permanente.

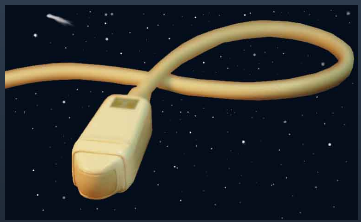
Attention : certaines sondes microconvexes trouvées sur des laptops, ont à la fois une résolution d'image limitée et une pénétration limitée à 8-10 cm. Elles ne sont pas universelles.

Pourquoi la vision du CEURF est différente

Un exemple d'échographie holistique

La configuration "SESAME" permet à notre échographe d'être opérationnel en quelques secondes dans l'arrêt cardiaque.

Branchement de l'appareil : 7 secondes



Choix de la sonde : néant, un avantage sans appel quand on ignore si l'arrêt cardiaque est dû à une tamponnade gazeuse (la littérature recommandant une sonde linéaire pour chercher le pneumothorax) ou péricardique (où la littérature recommande plutôt la sonde cardiaque), voire une hémorragie abdominale (où il faudrait là brancher la sonde abdominale).

Réglages de l'appareil : néant, l'appareil étant en permanence en configuration lisse, la même pour l'arrêt cardiaque et les procédures de routine.

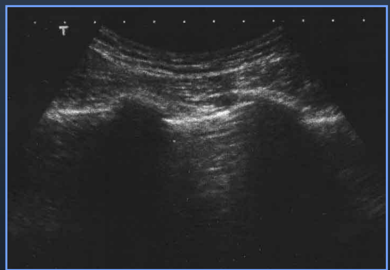
Une sonde = coût abordable, temps gagné, meilleur contrôle des infections

Comment faire si l’on est déjà équipé d’un laptop traditionnel

On peut faire de l’échographie critique (et même pulmonaire) avec les laptops modernes. Il faut composer, la difficulté variant avec le modèle. Résolution, ergonomie, taille globale, rapidité d’allumage, coût... Notre modèle 1992 est paradoxalement supérieur en tous points.

Déjà, supprimer tout filtre, harmonique, décalage dans l’espace, décalage dans le temps... en espérant que ces “facilités” sont désactivables.

Puis parier sur la bonne sonde, un problème en cas d’arrêt cardiaque. Si l’on parie sur un pneumothorax, la sonde vasculaire permettra sans doute une analyse limitée au glissement pleural. Si l’on parie sur une tamponnade, la sonde cardiaque. Certaines sondes cardiaques sont par chance valables sur certains poumons chez des patients non minces. Sonde abdominale si on envisage une hémorragie abdominale. En jonglant habilement d’une sonde à l’autre, on peut réduire les conséquences d’un mauvais choix initial. La sonde universelle affranchit de ce souci.



La volumineuse *sonde abdominale* a une ergonomie sous-optimale, mais elle permet de reproduire une qualité d’image proche de la nôtre

Le moins mauvais compromis en ergonomie est obtenu avec les sondes cardiaques, qui donnent une résolution faible

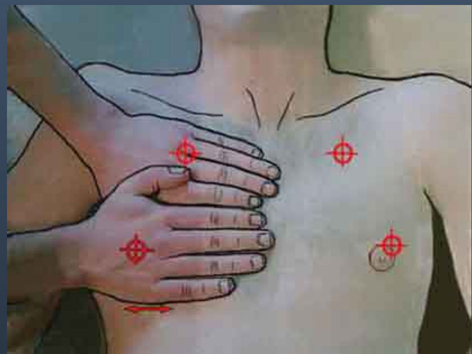
La sonde linéaire : permet certes une analyse superficielle, mais pénalisante en cas de choc extrême ou arrêt cardiaque, car elle n’est pas universelle, et son ergonomie est faible

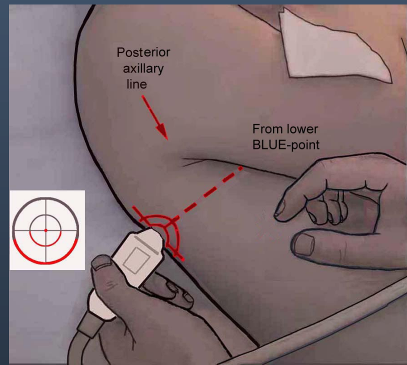
A noter (2012) que certains laptops récents ont, sans doute providentiellement, une qualité en tous points comparables au matériel que nous préconisons depuis 1992.

Technique de base
Où poser sa sonde sur le thorax
Les BLUE-points

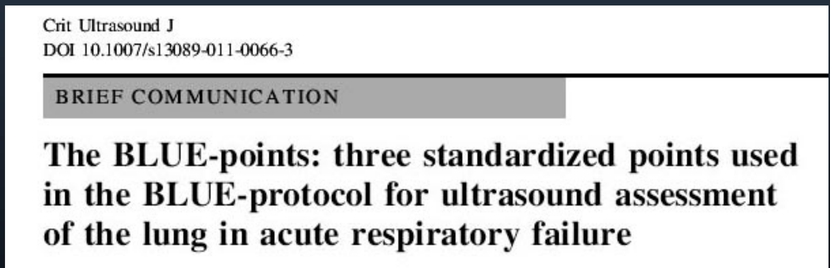
Upper BLUE-point

Lower BLUE-point
("BLUE-hands" de la taille des mains du patient, nouveau-né, géant etc)





PLAPS-point


Crit Ultrasound J
DOI 10.1007/s13089-011-0066-3

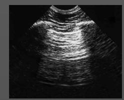
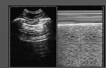
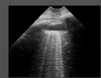
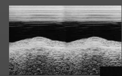
BRIEF COMMUNICATION

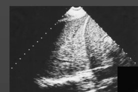
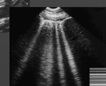
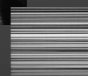
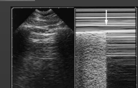
The BLUE-points: three standardized points used in the BLUE-protocol for ultrasound assessment of the lung in acute respiratory failure

Le poumon est l'organe le plus volumineux. Comme pour l'ECG, on peut définir des zones standardisées. Les BLUE-points suivent la géométrie des poumons, et le point inférieur gauche évite le cœur.
Le PLAPS-point prolonge le point inférieur, le plus en arrière possible après la ligne axillaire postérieure. Une sonde courte permet de rester tangentiel, point critique pour explorer les parties postérieures d'un patient ventilé, sédaté, curarisé.

Les dix signes de base

La ligne pleurale

La ligne A

Le glissement pleural

Le signe du dièse

Le signe de la sinusoïde

Le signe fractal

Le signe du poumon

La ligne B et les fusées pleurales

Le signe de la stratosphère

Le point poumon


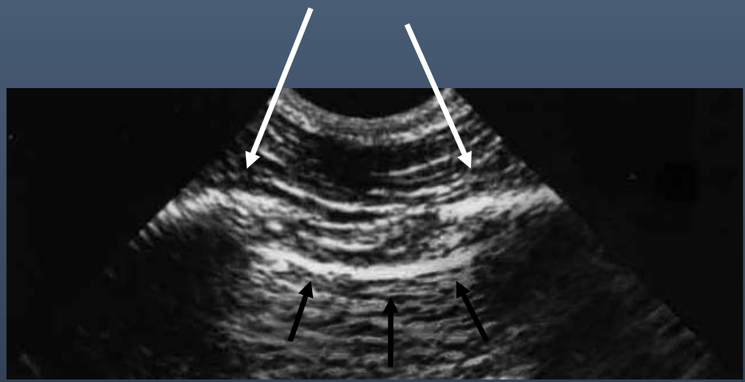
Note importante

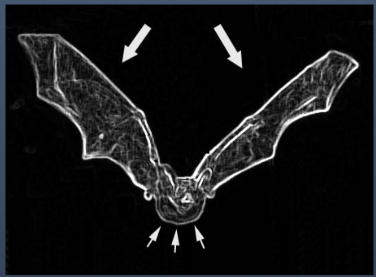
Ce n'est pas un DVD. L'information dynamique peut être obtenue par le mode TM. L'échographie pulmonaire est un domaine standardisé, qui peut être parfaitement comprise sur des images statiques TM. Le DVD est un détail mineur. Ceux et celles qui veulent la vidéo iront sur www.CEURF.net, section BLUE-protocol

La maîtrise de ces signes permet un contrôle du patient dans de multiples circonstances : détresse respiratoire, patient en réanimation pour SDRA, défaillance circulatoire aiguë, échographie pulmonaire chez le nouveau-né, traumatologie... Ce contrôle est opérationnel dans les services de pointe comme les médecines plus austères des pays en développement, comme des situations sophistiquées mais isolées (navettes spatiales).

Deux signes ne sont pas traités ici pour simplifier (pouls pleural, bronchogramme aérien dynamique)

1) La ligne pleurale





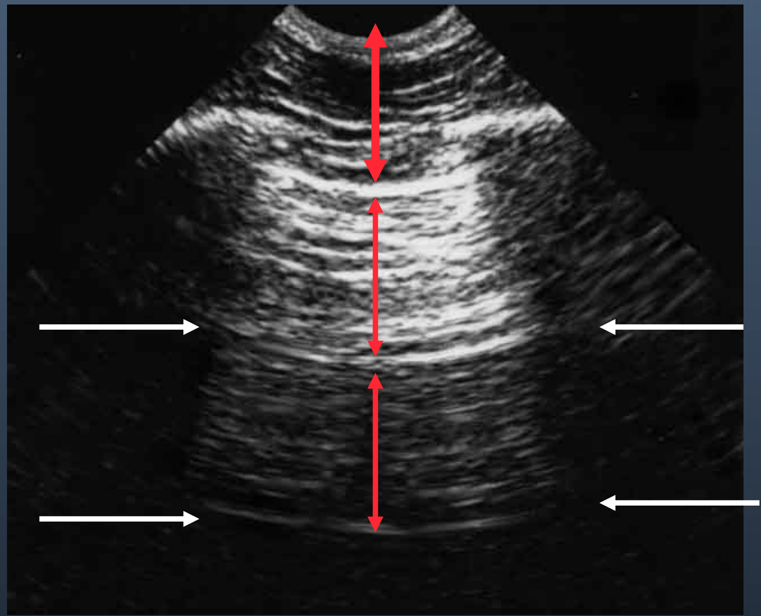
Signe de la chauve-souris

La ligne pleurale forme, avec le relief des côtes sus et sous-jacentes (flèches blanches), un repère permanent.

En cas d'examen difficile (patient agité, dyspnéique, bariatrique, emphysème sous-cutané etc), le signe de la chauve-souris permet de localiser la surface pleurale en toute fiabilité.

Conseil critique pour l'acquisition : juste corriger l'obliquité des côtes pour avoir cet aspect symétrique des côtes, donnant une longueur constante de ligne pleurale, autour de 25 mm chez l'adulte standard

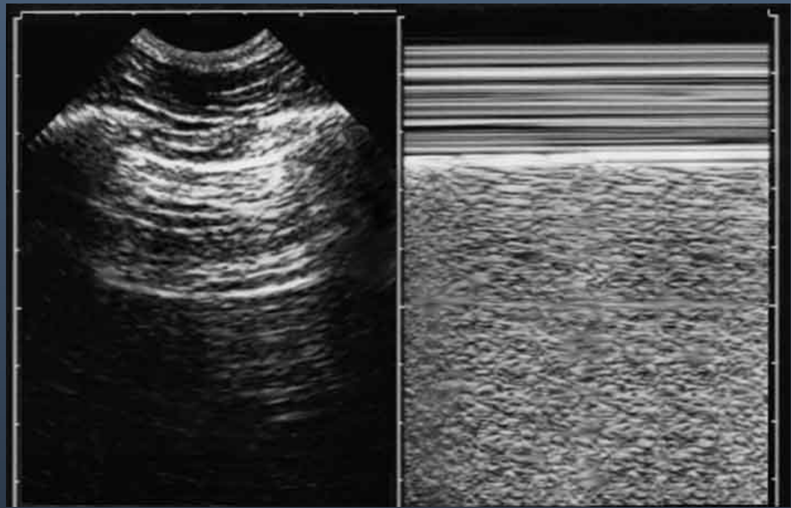
2) Le signe de la ligne A



Ligne échogène horizontale naissant de la ligne pleurale
NB : la ligne A indique une image aérique*
(air physiologique ou pathologique)

* gazeuse pour les puristes

3) Le glissement pleural et le signe du bord de mer



(Au-dessus de la flèche, l'espace de Keyes)

(Au-dessous, l'espace de Merlin)

Séparation en deux phases par la ligne pleurale (Mode TM)

Permet d'objectiver le glissement pleural sans Doppler

Note : acuité du glissement pleural ?
L'échographie est le gold standard

KJCCM The Korean Journal of Critical Care Medicine

OPEN

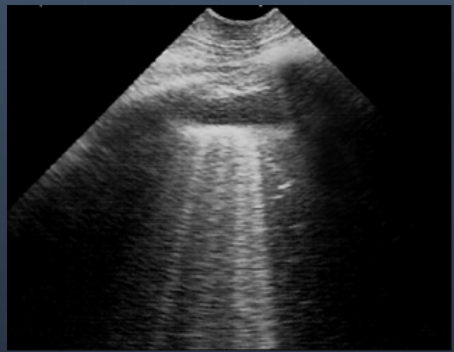
pISSN : 2383-4870 | eISSN

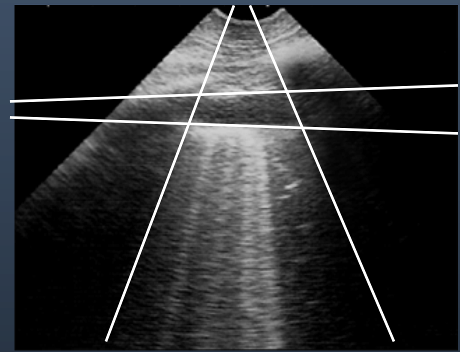
Review
Korean Journal of Critical Care Medicine (in press)

CrossMark

Lung Ultrasound in the Critically Ill (LUCI) is a gold standard. The example of lung sliding

4) Epanchement pleural
Signe du dièse

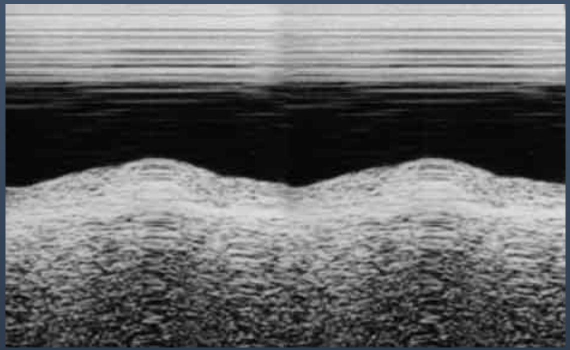




Dièse entre ligne pleurale, ombre des côtes, et la ligne pulmonaire, matérialisant la plèvre viscérale (limite profonde, toujours régulière, parallèle à la ligne pleurale)

Signe du dièse et de la sinusoïde sont des signes universels permettant de définir tout type d'épanchement quelle que soit son échogénicité. Une contribution du CEURF

5) Epanchement pleural
Le signe de la sinusoïde



Mouvement centrifuge inspiratoire de la ligne pulmonaire vers la ligne pleurale

Le signe de la sinusoïde permet non seulement un diagnostic certain d'épanchement (pleural, associé au signe du dièse), mais indique aussi une viscosité compatible avec l'emploi d'une aiguille fine en cas de ponction souhaitée

Signe du dièse et de la sinusoïde sont des signes universels permettant de définir tout type d'épanchement quelle que soit son échogénicité. Une contribution du CEURF

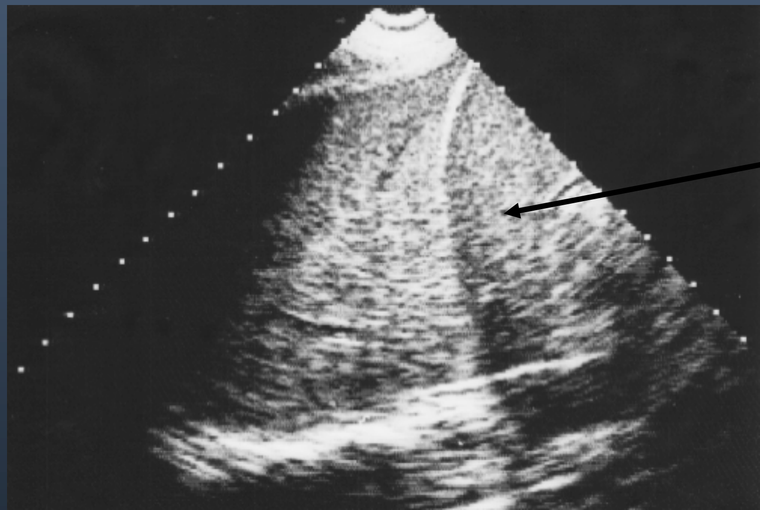
6) Consolidation pulmonaire (syndrome “alvéolaire”) Forme non trans-lobaire : le signe de la fractale

Une ligne déchiquetée, totalement différente de la régulière ligne pulmonaire

La jonction entre parenchyme consolidé et parenchyme encore aéré est toujours irrégulière

Note mineure: le terme “sous-pleural”, utilisé par les experts, ne sert à rien. Toute consolidation vue par l’échographie est sous-pleurale. Ne pas utiliser ce terme montre qu’on a compris l’échographie pulmonaire

7) Consolidation pulmonaire (syndrome “alvéolaire”) Forme trans-lobaire : le signe du poumon



Rate ou foie

Un désordre liquidien ressemblant à un organe plein (tissulaire)

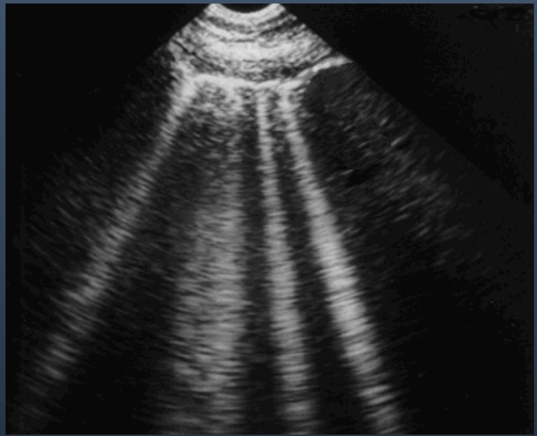
Une consolidation translobaire ne peut pas générer de ligne fractale

Limites anatomiques, telles celles d’un organe plein.

Echostructure figée, telle celle d’un organe tissulaire

Exemple de PLAPS, associant consolidation pulmonaire et épanchement pleural (voir BLUE-protocol, plus loin)

8) Syndrome interstitiel
La ligne B
(avant les fusées pleurales)



Fusées pleurales
(technologie 1992)

La ligne B, trois critères constants (100%) :

1) artefact en queue de comète certes
2) naissant de la ligne pleurale
3) glissant avec le glissement pleural

Quatre critères quasi-constants (93-97%)

4) bien défini tel un rayon laser
5) s'étendant en bas sans épuisement
6) effaçant les lignes A
7) hyperéchogène

Avec ces 7 critères, la ligne B se distingue de tout autre artefact en queue de comète
La définition, qui fait intervenir un distingo entre les 3 critères constants et les 4 quasi-constants, est ainsi universelle.

8) Syndrome interstitiel
(Après la ligne B)
Les fusées pleurales

Artefact en queue de comète

Artefact vertical, visible sur la surface pulmonaire ou partout ailleurs, multiples causes (gaz, matériel métallique...), appelées lignes Z (comme ici), E, K, S, W...., et incluant notamment les lignes B

Ligne B

Un certain artefact en queue de comète (voir diapositive précédente)
Définit un mélange air-fluide touchant la plèvre. Peut être isolé (cas de la petite scissure)

Fusées pleurales

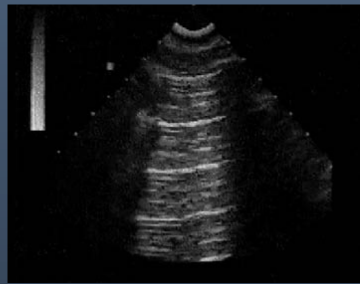
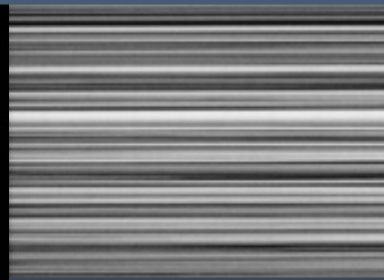
Trois ou plus lignes B entre deux côtes
Elles définissent le syndrome interstitiel

Fusées pleurales diffuses

Des fusées sur les 4 points antérieurs thoraciques
Elles indiquent, principalement, l'œdème pulmonaire aigu (hémodynamique surtout, et inflammatoire). Voir BLUE-protocol

9) Pneumothorax et Profil A'

Pneumothorax, un diagnostic *séquentiel*
Il faut d'abord avoir identifié un profil A'


Le signe de la stratosphère

Sur la paroi antérieure :

1) Glissement pleural aboli, un signe hautement sensible, peu spécifique

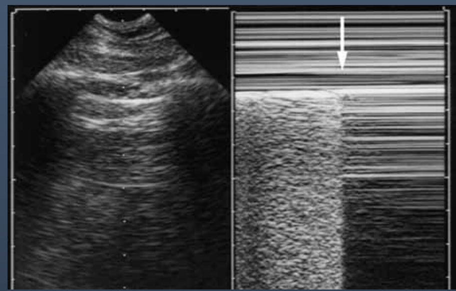
2) Lignes A exclusives, un signe très peu spécifique mais indispensable (note, ce signe est déjà dans la gamme)

L'ensemble s'appelle profil A'.

Mais l'association de ces deux signes est hautement suggestive de pneumothorax.
Le moindre glissement, le moindre pouls pleural, la moindre ligne B éliminent le diagnostic (là où la sonde est posée).

10) Pneumothorax et signe du point poumon

Apparition soudaine d’une activité (le plus souvent pulmonaire, parfois pleurale, rarement cardiaque) en un point donné de la paroi thoracique, qui remplace soudainement un profil A’ préalablement détecté à la paroi antérieure



Le point poumon, spécifique de pneumothorax, est requis pour le diagnostic et donc une gestion en sécurité. En son absence, il est prudent de ne pas tirer de conclusion, mais en cas d’urgence extrême, la “variante australienne” peut être utilisée : en cas de profil A’, le moindre signe clinique (tympanisme ou autre) fournit un argument considérable pour le diagnostic.

Le point poumon indique le volume du pneumothorax (antérieur, radio-occulte. Latéral, modéré. Au point PLAPS, substantiel. Absent, majeur).

Le point poumon montre que les signes (glissement aboli) ne sont pas liés à des filtrages excessifs de l’image (se méfier des machines sophistiquées).

* Le BLUE-protocol est en permanence intégré dans la prise en charge de base (examen clinique en premier).

Pneumothorax
Le diagnostic d'*air dans l'air*
Un arbre décisionnel basique

Glissement pleural (ou équivalent : pouls pleural)

- Glissement present : pneumothorax exclu
- Absent
  - Lignes B présentes : pneumothorax exclu
  - Lignes A exclusives
    - Si point poumon : pneumothorax confirmé
    - Pas de point poumon : utiliser les outils usuels (radiographie ou même scanner, voire, en cas d'urgence extrême, les données de l'examen physique)

Valeur des signes décrits

Valeur des signes décrits	Sensibilité Spécificité	Source (référence = scanner)
Epanchement pleural	94 / 97	Intensive Care Med (1999) 25: 955–958 © Springer-Verlag 1999 ORIGINAL **Feasibility and safety of ultrasound-aided thoracentesis in mechanically ventilated patients**
Consolidation alvéolaire	90/98	Intensive Care Med (2004) 30:276–281 DOI 10.1007/s00134-003-2075-6 ORIGINAL **Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill**
Syndrome interstitiel	100/100*	AM J RESPIR CRIT CARE MED 1997;156:1640–1646. **The Comet-Tail Artifact** An Ultrasound Sign of Alveolar-Interstitial Syndrome
Pneumothorax complet	100/91-60	Chest (1995) 108:1345-1348 **A Bedside Ultrasound Sign Ruling Out Pneumothorax in the Critically Ill: Lung Sliding** Intensive Care Med (1999) 25: 383–388 © Springer-Verlag 1999 ORIGINAL **The comet-tail artifact: an ultrasound sign ruling out pneumothorax**
Pneumothorax occulte	79/100	Intensive Care Med (2000) 26: 1434–1440 DOI 10.1007/s001340000627 ORIGINAL **The "lung point": an ultrasound sign specific to pneumothorax** Crit Care Med 2005 Vol. 33, No. 6 Clinical Investigations **Ultrasound diagnosis of occult pneumothorax***

* 93/93 dans Abstract si comparé à la radiographie, 100/100 dans Results quand comparé au scanner

Détails sémantiques critiques

La littérature peut aider, mais souvent elle confond. Veuillez noter :

“Lung comets”: ce terme n’a aucunement la signification physiopathologique des *Lung rockets* (fusées pleurales).

“Comet-tail artifact” : ce terme est irrelevant quand on veut parler de syndrome interstitiel. De nombreuses queues de comète ne sont pas des lignes B (lignes Z, E...)

“Alveolar-interstitial syndrome” : ce terme est radiologique. Il est inapproprié pour l’échographie, qui distingue fondamentalement ce qui est interstitiel (fusées pleurales) de ce qui est alvéolaire (signe de la fractale, aspect pseudo-tissulaire).

“Barcode sign”. Terme utilisé par quelques équipes au lieu de Stratosphere sign. Le CEURF recommande la plus haute prudence afin d’éviter des confusions majeures et potentiellement mortelles, générées par les nouveaux codes-barre.

Applications respiratoires de l'échographie pulmonaire

Anesthesiology 100:9-15

NEJOM 357:2277-2284
(D. Brenner)

Intensive Care Med
25:955-958

Crit Care Med
33:1231-1238

I - Avoid Referral to CT

II - Limit Bedside Radiographies

III - Decrease Radiation Doses

IV - Safe Thoracentesis

V - Pneumothorax

VI - Pulmonary Edema vs COPD

VII - Pulmonary Embolism

VIII - Trauma

IX - Cardiac Arrest

X - Acute Dyspnea

Intensive Care Med
24:1331-1334

Chest 123:2154

Chest 130:533-538
(F. Silva)

Chest 134:117-125

Application circulatoire de l'échographie pulmonaire

Chest 2009;136:1014-1020

A-lines & B-lines: lung ultrasound as a bedside tool for predicting PAOP in the critically ill

EXPERT REVIEWS

Fluid administration limited by lung sonography: place of lung ultrasound in assessment of acute circulatory failure (the FALLS-protocol)

Expert Rev. Respir. Med. 6(2), 155-162 (2012)

Recent Advances in Chest Medicine — CHEST

BLUE-Protocol and FALLS-Protocol
Two Applications of Lung Ultrasound in the Critically Ill

Echographie pulmonaire, applications cliniques

D'infinies applications sont accessibles

Le Pink-protocol (évaluation du SDRA), incluant :

Nature et volume d'un épanchement pleural – abcès pulmonaire – distinction entre septa interlobulaires épaissis et zones en verre dépoli – contusion pulmonaire – surdistension – recrutement alvéolaire – volume d'un pneumothorax

Le CLOT-protocol – Comment diagnostiquer une embolie pulmonaire chez un patient intransportable

Le Extended BLUE-protocol (soit, diagnostic immédiat d'atélectasie obstructive complète au stade encore aéré... Fonction phrénique... Ponction pleurale écho-assistée chez patients ventilés...)

Le FAT-protocol (lung ultrasound in the bariatric patient)

ETC

Récemment parus

(Chest 2008) : le BLUE-protocol, une approche simple permettant le diagnostic d'une défaillance respiratoire aiguë

(Chest 2009) : détection du point limite de remplissage du patient en défaillance circulatoire aiguë (annonce le FALLS-protocol)

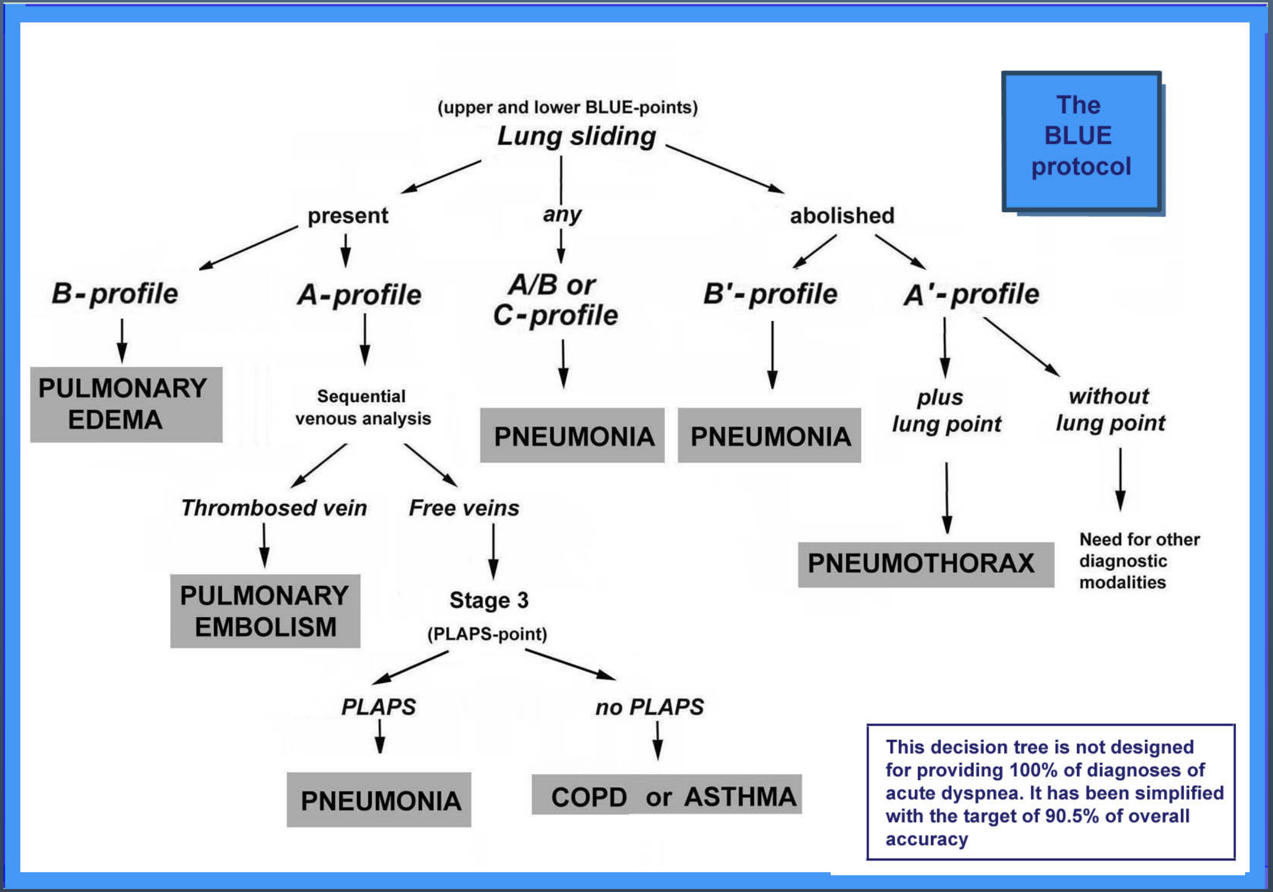
(PCCM 2009) : échographie pulmonaire du nouveau-né critique

(Chest 2009) : distinction consolidation rétractile (atélectasie) et non-rétractile (pneumonie)

(Critical Ultrasound Journal 2011) : les BLUE-points, pour un examen standardisé du thorax dans le BLUE-protocol

(CHEST 2015) : une synthèse des BLUE-protocol et FALLS-protocol

Le BLUE-protocol



Les vidéos des *BLUE-profiles* sont visibles sur www.ceurf.net

Le BLUE-protocol : l'insuffisance respiratoire aiguë

Le principe : une analyse échographique du poumon et du système veineux classe l'examen en un des 7 profils caractéristiques. Cet arbre décisionnel permet d'obtenir le diagnostic correct des 6 affections aiguës les plus fréquentes (qui constituent 97% des urgences vues) dans 90.5% des cas. L'adjonction des éléments cliniques et complémentaires de base (ECG, biologie veineuse, échocardiographie) définit le *BLUE-protocol étendu* (E-BLUE-protocol), qui améliore encore ce score.

Le premier but du BLUE-protocol est, par un diagnostic précoce, un soulagement plus rapide du patient dyspnéique.

Le second but est de diminuer le recours en examens longs, complexes, irradiants (scanner) ou douloureux (gaz du sang), et la radiographie dans des cas particuliers : femme enceinte, régions démunies.

Détails méthodologiques

Les patients : tous patients vus aux urgences adulte pour défaillance respiratoire aiguë avec admission en réanimation.
Le gold standard : le diagnostic final tel qu'il figurait sur le compte-rendu d'hospitalisation, rédigé par une équipe universitaire de réanimation médicale
Patients exclus : diagnostics doubles, diagnostics non obtenus, diagnostics rares (<3%).
L'équipement : échographe ADR-4000 et Hitachi-405, sonde microconvexe de 5 MHz

Chest 2008; 134:117-125

Relevance of Lung Ultrasound in the Diagnosis of Acute Respiratory Failure - the BLUE-protocol

Le BLUE-protocol, un exemple : diagnostic immédiat d'œdème pulmonaire aigu hémodynamique

Après examen clinique, la sonde est posée sur les deux points standardisés de la paroi antérieure. L'aspect observé dans 97% des cas est le profil B, terme associant fusées pleurales diffuses et glissement pleural conservé. Vingt secondes suffisent.

La sensibilité est de 95%, les faux-positifs étant les cas de pneumopathie interstitielle avec glissement pleural conservé. La fibrose pulmonaire et autres maladies interstitielles donnent un profil B mais les maladies rares ont été retirées de l'étude, qui ne considère que les 97% de patients regroupant 5 groupes de maladies (voir arbre). Les 3% restants sont couverts par une infinité de diagnostics. Leur inclusion aurait rendu l'arbre inutilisable.

Notes : devant un profil B, le BLUE-protocol est conclu. L'analyse pulmonaire postérieure ou veineuse sera faite mais indépendamment. En principe, elle apportera des informations redondantes (réseau veineux libre, images alvéolaires et pleurales déclives...). Le but du BLUE-protocol est d'offrir le rapport acuité/simplicité maximal. Si le diagnostic par exemple de fibrose pulmonaire n'est pas déjà fait par l'interrogatoire (épisode inaugural), une sonographie cardiaque simplifiée alertera immédiatement, montrant déjà une fonction contractile ventriculaire gauche normale, une dilatation droite avec épaississement pariétal (principe de l'Extended BLUE-protocol).

BLUE-protocol et “PLAPS”

Dans le BLUE-protocol, qui fonctionne par association de signes, et par leur association à des localisations particulières, la détection d’une image associant épanchement pleural et syndrome alvéolaire dans les zones déclives est fréquente. Le terme de PLAPS (postero-lateral alveolar and/or pleural syndrome) indique bien que l’entité peut être l’association d’un épanchement à une consolidation, mais aussi un épanchement isolé, une consolidation isolée, ou enfin une image mal définie mais structurelle (non artefactuelle) et pouvant donc associer les deux. Que le PLAPS soit unilatéral ou bilatéral, discret (voir image) ou volumineux, il est intégré dans l’arbre décisionnel pour aboutir au diagnostic de pneumopathie (à l’origine de la défaillance respiratoire), dès lors que le profil antérieur est de type “A”, et le réseau veineux libre de thrombose.

La notion de PLAPS permet de ramener les dix signes (incluant ici le signe du dièse, de la sinusoïde, de la fractale, du poumon) à sept signes.

Quatre profils permettent le diagnostic de pneumonie et/ou SDRA (les 2 sont associés dans le BLUE-protocol). Le BLUE-protocol permet la distinction entre œdème pulmonaire hémodynamique et SDRA

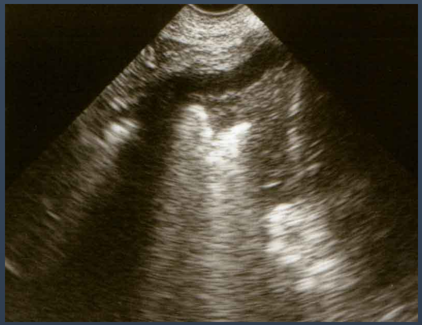


Image familière de PLAPS, associant au PLAPS-point une combinaison d’épanchement pleural et de consolidation pulmonaire, tous deux ici de petit volume

Le BLUE-protocol permet de pratiquer une échographie holistique

Un exemple critique : l'embolie pulmonaire

Le temps veineux est essentiel dans le BLUE-protocol. Il est effectué devant un profil A.

Une sonde vasculaire n'est pas requise. Notre sonde microconvexe évalue toutes les veines (qu'elles soient proches ou loin de la paroi) dans toutes les incidences.

Les veines du ***mollet*** (zone habituellement rejetée des protocoles) sont une cible essentielle, car l'embolie massive ne s'accompagne pas de thrombose proximale mais distale, voire absente. C'est en distalité que le BLUE-protocol la cherche. Notre approche (antérieure, abord transversal, sonde microconvexe) facilite hautement cette analyse.

Une fois la thrombose détectée, l'association d'un profil A et d'une thrombose veineuse permet le diagnostic d'embolie pulmonaire massive avec une sensibilité de 81% dans ces conditions de recherche, *et une spécificité de 99%.*

Ce potentiel permet de réduire le recours aux techniques sophistiquées, longues et coûteuses, parfois indisponibles (mauvaises fenêtres cardiaques). La recherche de chambres cardiaques droites dilatées peut se faire parallèlement au BLUE-protocol, donnant une information alors redondante (mais intéressante).

En cas d'arrêt cardiaque, la même sonde peut couvrir le corps entier.

Une sonde universelle, un appareil simple et peu coûteux, la considération du poumon comme cible principale, la définition d'une sonographie cardiaque simplifiée, une cible veineuse adaptée.

Telle *est l'échographie holistique.*

FALLS-protocol

Le dérivé essentiel du BLUE-protocol. Fait le diagnostic causal d'un choc, et une partie de son traitement (remplissage). Permet de définir quel patient en défaillance circulatoire aiguë devrait bénéficier d'un remplissage vasculaire, et quand l'arrêter. Peut être utilisé même en absence de fenêtre cardiaque. Procure un paramètre direct de la volémie clinique

Special Report

EXPERT REVIEWS

Fluid administration limited by lung sonography: the place of lung ultrasound in assessment of acute circulatory failure (the FALLS-protocol)

Expert Rev. Respir. Med. 6(2), 155–162 (2012)

Daniel Lichtenstein

Service de Réanimation Médicale – Hôpital Ambroise-Paré, Boulogne (Paris-West), France
Tel.: +33 149 095 601
dlicht@free.fr

The FALLS-protocol is included in a limited investigation to diagnose the cause of shock. After simple echocardiography has ruled out obstructive shock (tamponade, pulmonary embolism, pneumothorax), the lung is investigated. Absence of disseminated lung rockets rules out cardiogenic shock. At this point, hypovolemic and septic shock are differential diagnoses (rarities apart), and the FALLS-protocol provides fluid therapy with constant monitoring of lung artifacts. Hypovolemic shock will eventually improve – septic shock will not, and the slight excess fluid creates an early, silent stage of interstitial edema, demonstrated by B-lines, demanding interruption of fluid therapy. This sequential approach, combined with the usual, clinical, biochemical and echocardiographic parameters, must be evaluated in multicenter studies.

KEYWORDS: acute circulatory failure • fluid responsiveness • hemodynamic assessment • lung ultrasound

HEART LUNG and VESSELS

• Vol. 5 - N. 3 - Sep. 2013 • Heart, Lung and Vessels 2013; 5(3): 142-147

REVIEW-ARTICLE

Heart, Lung and Vessels 2013; 5(3): 142-147

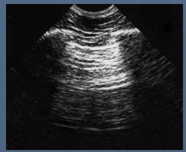
FALLS-protocol: lung ultrasound in hemodynamic assessment of shock

Recent Advances in Chest Medicine

CHEST

BLUE-Protocol and FALLS-Protocol

Two Applications of Lung Ultrasound in the Critically Ill

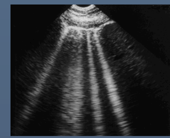


Possibilité
physiopathologique
de remplissage

Le FALLS-protocol

Fluid Administration Limited by Lung Sonography

Son principe en une diapositive



Indication
physiopathologique
à l'arrêt du remplissage

Le FALLS-protocol utilise la classification de Weil pour éliminer séquentiellement les causes de choc.

Indication initiale : la défaillance circulatoire aiguë quand les outils habituels ne peuvent être utilisés (exemple, absence de fenêtre cardiaque dans l'urgence)

Une sonographie péricardique puis cardiaque simplifiée (sonde microconvexe, sans Doppler) et pulmonaire élimine un choc obstructif : fluide péricardique substantiel, cavités droites élargies d'embolie, pneumothorax.

L'absence de profil B élimine le choc cardiogénique d'origine gauche (soit la grande majorité).

A ce stade, le patient est considéré "FALLS-répondeur". Il a généralement le profil A (ou équivalents). La partie thérapeutique du FALLS-protocol débute, procédant à un remplissage vasculaire. L'amélioration clinique et biologique sous remplissage définit le choc hypovolémique.

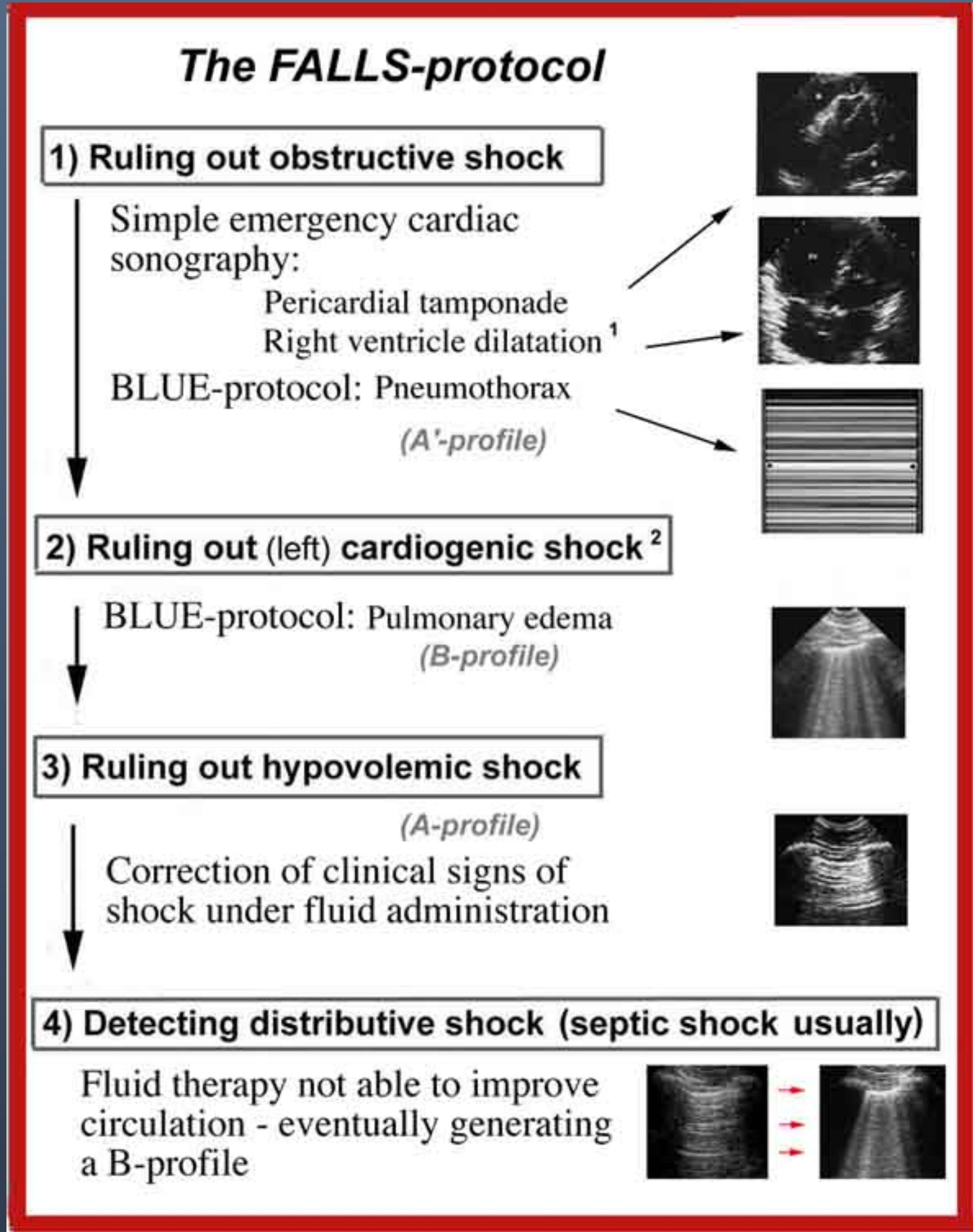
Si le remplissage n'améliore pas l'état circulatoire, il est poursuivi et finira par générer un syndrome interstitiel, immédiatement reconnu par l'échographie (profil B), à un stade précoce, infra-clinique, infra-biologique. Le passage de lignes A vers des lignes B indique l'arrêt du remplissage (FALLS-endpoint). Cette situation définit, par élimination, le choc distributif, soit schématiquement en pratique clinique, le choc septique.

On note que le FALLS-protocol n'a perdu aucun temps, faisant bénéficier le patient d'un remplissage précoce et contrôlé (non massif) avant même établissement du diagnostic de choc septique. C'est à cette étape très précoce que les prélèvements sanguins (dont plusieurs hémocultures) sont demandés, afin de réduire le léger excédent liquidien induit, infra-clinique au demeurant, positionnant ainsi le cœur proche du point idéal de la courbe de fonction.

Noter qu'on ne peut utiliser ce protocole en cas de profil B vrai à l'admission. Autre limitation : si une dilatation des cavités droites est constatée, on n'utilisera pas, provisoirement et avant éventuelle invalidation, le FALLS-protocol.

FALLS-protocol

Fluid Administration Limited by Lung Sonography
Un arbre décisionnel séquentiel *schématique*



NOTE CRITIQUE

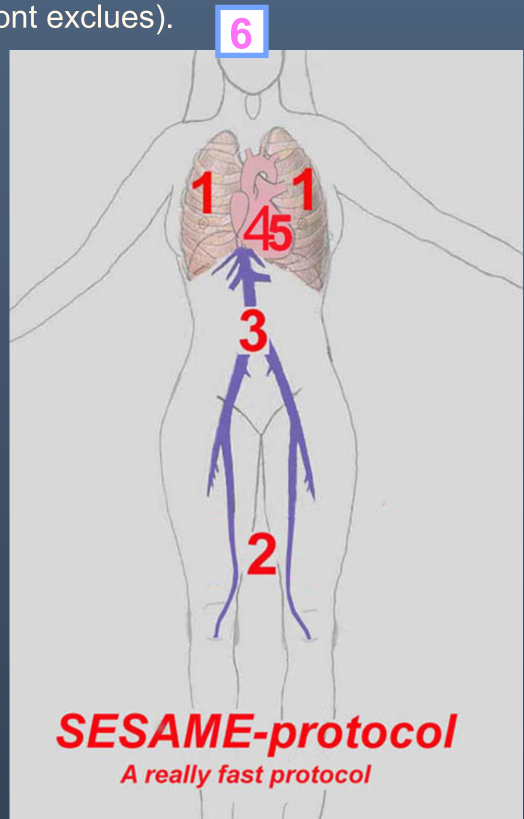
L'évaluation hémodynamique est un domaine particulièrement complexe. Le FALLS-protocol ne prétend pas résoudre toutes ces issues, et est ouvert à toute critique.

Lire juste quelques développements sur CEURF.net ou CHEST 2015;147:1659-1670.

Les réponses à de nombreuses questions fréquemment posées sont consultables dans *Lung Ultrasound in the Critically Ill*, Chap 30, Springer 2016

SESAME-protocol et arrêt cardiaque

Contraction pratique de SESAMOOSIC, “Sequential Emergency Sonography Assessing Mechanism *Or* Origin of Shock of Indistinct Cause”. Indication : l’instabilité circulatoire extrême, l’arrêt cardiaque. Particularité : débute par le poumon, finit par le cœur (NB, causes choquables sont exclues).



Etape 1 : le poumon. Raisons : la fenêtre pulmonaire est toujours et instantanément disponible. La respiration calme est un atout. Le pneumothorax est d’emblée éliminé (deux secondes), ou suspecté. Un profil A élimine l’œdème pulmonaire, autorise le remplissage vasculaire massif et fait la moitié du diagnostic d’embolie pulmonaire.

Etape 2 : BLUE-protocol aux veines fémorales basses pour quasi-affirmer l’embolie pulmonaire (spécificité avec le profil A: 99%).

Etape 3 : recherche de quantités de sang libre (tube digestif, péritoine, voire plèvres)

Etape 4 : le péricarde (totalement distinct du cœur dans ce protocole).

Etape 5 : (si les fenêtres le permettent, avec interrution du massage cardiaque) : sonographie cardiaque simplifiée pour les causes écho-décelables (asystole, cœur droit aigu de l’embolie, D.E.M., troubles du rythme, de conduction...)

(Etape 6 chez le nouveau-né : voie transfontanellaire (même sonde) à la recherche d’hémorragie)

Note : SESAME-protocol est la meilleure illustration de l’échographie holistique. Pour l’arrêt cardiaque, un appareil allumé en 7 secondes, pas de temps perdu à sélectionner la bonne sonde. Une même sonde, un même réglage pour poumons, veines, abdomen, cœur). Une knobologie simplifiée à *moins de* trois boutons. Un produit précieux qui remplace le gel*.

*Echolight®: une solution permettant le couplage ultrasonique et ayant l’avantage, outre de disparaître spontanément quelques minutes après application, d’un gain de temps crucial lors de l’exploration de régions éloignées dans ce cadre - et une analyse cardiaque non suivie d’un terrain “glissant” pour le massage cardiaque

Peut-être notre principal message : le *nouveau-né*

L'ensemble des signes de l'échographie pulmonaire (soigneusement évalués avec le scanner chez l'adulte) se retrouve, sans changement, chez le nouveau-né.
Gamme décaphonique des dix signes de base
Gamme diatonique des 7 signes du BLUE-protocol (PLAPS inclus)
Gamme dodécaphonique si l'on ajoute deux signes, le bronchogramme aérien dynamique, et le pouls pleural

Si ces signes sont présents chez adulte et nouveau-né, on peut assumer sans risque qu'ils le seront pour les âges intermédiaires (nourrisson, grand enfant, etc). Nous n'avons pas l'intention d'irradier des nouveaux-nés pour prouver ces points, mais invitons en revanche la communauté, si elle trouve des signes échographiques standardisés (fractale, fusées...) contrastant avec une radiographie peu informative, à considérer que l'échographie a détecté des désordres non vus par la radiographie.

En terme d'échographie, le poumon du nouveau-né est un poumon d'adulte miniature.

Pediatric Crit Care Med 2009;10:693-698

Review Article

Ultrasound examination of the lungs in the intensive care unit

Review Article

Ultrasound examination of the lungs in the intensive care unit

Daniel A. Lichtenstein, MD

Objective: Lung ultrasound is increasingly used in the critically ill adult. It allows prompt management based upon reproducible data and generates fewer computed tomography (CT) examinations, therefore decreasing irradiation, delays, cost, and discomfort to the patient. The aim of this article is to describe the value of ultrasound for lung imaging in the critically ill and state our experience in neonates.

Methods: Review of studies published in the peer-reviewed international literature analyzing consecutive critically ill adults admitted to intensive care units, assessing pleural effusion, alveolar consolidation, interstitial syndrome, and pneumothorax, using a standardized ultrasound approach to the lung, with CT as the reference.

Data Synthesis: The sensitivity and specificity of ultrasound are 92% and 93% for pleural effusion, 90% and 98% for alveolar consolidation, 93% and 93% for interstitial syndrome, 100% and 96% for complete pneumothorax, 79% and 100% for radio-occult pneumothorax.

Discussion: This article reviews data that validate the scientific value of lung ultrasound in adult medical intensive care units. We then present observations in the critically ill neonate. The discussion points to the methodologic issues raised in lung ultrasound in the neonate, i.e. mainly the limited access to a pertinent gold standard (CT). Some CT correlations are presented, confirming the value of lung ultrasound in the neonate.

Conclusions: The standardized signs assessed in the adult are also found in the critically ill neonate, meaning a potential use in this field. Awaiting confirmatory CT studies, lung ultrasound can be taken into consideration as a possible bedside tool for completing bedside radiography. (Pediatr Crit Care Med 2009; 10:693–698)

KEY WORDS: chest ultrasonography; pulmonary edema; lung; ultrasound diagnosis; respiratory failure; intensive care unit; pneumothorax; interstitial syndrome

Note : l'échographie pulmonaire n'est *qu'une partie* d'une approche corps entier du patient critique

Le champ de l'échographie critique a été défini dans notre édition de 1992. Des *acronymes* actuellement populaires tels que :

FAST
FEER
FATE
CAUSE
PLUS
NICE
et extensions diverses (E-FAST, FAST-CRASH, ...)

y étaient décrits avec des *locutions* (et pas des acronymes) : recherche de sang libre, simple échographie cardiaque d'urgence, recherche d'épanchement pleural, cathétérisme veineux...

Lire au besoin le positionnement du SLAM (chapitre 30 de notre dernier ouvrage). Voici une synthèse : le SLAM (section pour la limitation des acronymes en médecine) accepte les acronymes qui d'une part décrivent une recherche originale, par ailleurs ne sont pas source de confusions dans notre langage quotidien. FAST n'a pas eu la moyenne. Le SLAM ne conseille pas l'usage de "US" (risque de confusion), ni de "LUS" pour des raisons déjà esthétiques, suggérant humblement d'écrire "Lung ultrasound" en toutes lettres, et pas seulement par respect : le terme LUS a été publié pour un concept, le Lung Ultrasound Score, ce qui interdit l'usage du terme LUS pour tout autre contexte.

Une retombée positive des technologies “laptop”

L’explosion des laptops des années 2005 a eu tout de même un avantage: faire connaître (même avec des appareils encombrants et peu performants) l’échographie aux urgences. D’innombrables publications sont donc disponibles, toutes confirmant la valeur de l’échographie pulmonaire chez le patient critique. Voici quelques articles consultables, avec nos excuses pour cette brièveté mais il devient impossible de tout citer.

Balik M, Plasil P, Waldauf P, Pazout J, Fric M, Otahal M & Pachl J. Ultrasound estimation of volume of pleural fluid in mechanically ventilated patients. Intensive Care Med 2006:318-321

Blaivas M, Lyon M, Duggal S. A prospective comparison of supine chest radiography and bedside ultrasound for the diagnosis of traumatic pneumothorax. Acad Emerg Med 2005 Sep;12(9):844-9

Bouhemad B, Zhang M, Lu Q, Rouby JJ. Clinical review : bedside lung ultrasound in critical care practice. Crit Care 2007;11:205

Copetti R, Cattarossi L. Ultrasound diagnosis of pneumonia in children. Radiol Med (Torino). 2008 Mar 113(2):190-198. Epub 2008 Apr 2

Dulchavsky SA, Hamilton DR, Diebel LN, Sargsyan AE, Billica RD, Williams DR. Thoracic ultrasound diagnosis of pneumothorax. *J Trauma* 1999 47:970-971

Fagenholz PJ, Gutman JA, Murray AF, Noble VE, Thomas SH, Harris NS. Chest ultrasonography for the diagnosis and monitoring of high-altitude pulmonary edema. *Chest* 2007 131:1013-1018

Gargani L, Lionetti V, Di Cristofano C, et al. Early detection of acute lung injury uncoupled to hypoxemia in pigs using ultrasound lung comets. Crit Care Med 2007; 35: 2769-2774

Lerolle N, Guérot E, Dimassi S, Zegdi R, Faisy C, Fagon JY, Diehl JL. Ultrasonographic diagnosis criterion for severe diaphragmatic dysfunction after cardiac surgery. Chest 2009;135:401-407

Mathis G, Blank W, Reißig A, Lechleitner P, Reuß J, Schuler A, Beckh S (2005) Thoracic ultrasound for diagnosing pulmonary embolism. A prospective multicenter study of 352 patients. Chest 128:1531-1538

Maury E, Guglielminotti J, Alzieu M, Guidet B & Offenstadt G. Ultrasonic examination: an alternative to chest radiography after central venous catheter insertion? *Am J Respir Crit Care Med* 2001 164:403-405

Mayo PH, Goltz HR, Tafreshi M & Doelken P. Safety of ultrasound-guided thoracentesis in patients receiving mechanical ventilation. *Chest* 2004 125(3): 1059-1062

Reissig A, Kroegel C: Transthoracic sonography of diffuse parenchymal lung disease: the role of comet tail artifacts. *J Ultrasound Med.* 2003 22:173-180

Roch A, Bojan M, Michelet P, Romain F, Bregeon F, Papazian L, Auffray JP. Usefulness of ultrasonography in predicting pleural effusion > 500 mL in patients receiving mechanical ventilation. Chest 2005; 127:224-232

Rowan KR, Kirkpatrick AW, Liu D, Forkheim KE, Mayo JR & Nicolaou S. Traumatic pneumothorax. Detection with thoracic US: Correlation with chest radiography and CT. *Radiology* 2002 225: 210-214

Soldati G, Testa A, Silva FR, Carbone L, Portale G, Silveri NG: Chest ultrasonography in lung contusion. *Chest* 2006 130(2):533-538

Via G, Lichtenstein D, Mojoli F, Rodi G, Neri L, Storti E, Klersy C, Iotti G & Braschi A. Whole lung lavage: a unique model for ultrasound assessment of lung aeration changes. Intensive Care Med DOI 10.1007/s00134-010-1834-4

Vignon P, Chastagner C, Berkane V, Chardac E, Francois B, Normand S, Bonnivard M, Clavel M, Pichon N, Preux PM, Maubon A, Gastinne H. Quantitative assessment of pleural effusion in critically ill patients by means of ultrasonography. Crit Care Med 2005;33:1757-1763

Volpicelli G, Mussa A, Garofalo G, Cardinale L, Casoli G, Perotto F, Fava C, Frascisco M: Bedside lung ultrasound in the assessment of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Emerg Med* 2006 24:689-696

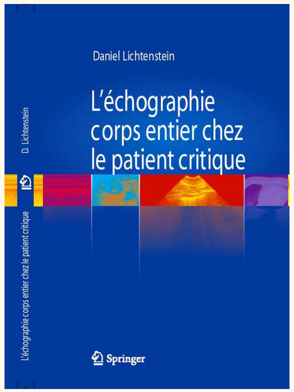
Et de nombreuses autres publications (chaque jour plus nombreuses), dont le texte de la première conférence de consensus internationale (2012).

Pour aller plus loin

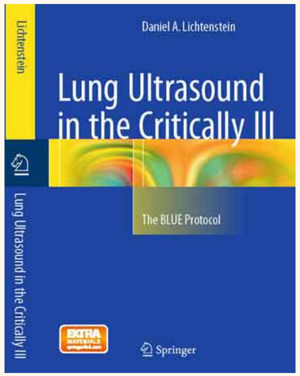
Une approche détaillée figure dans “L’Echographie Corps Entier chez le Patient Critique” (Springer, 2011), traduction améliorée du “Whole Body Ultrasonography in the Critically Ill” (Springer, 2010). “Lung Ultrasound in the Critically Ill”, ouvrage dédié à l’échographie pulmonaire est disponible depuis 2016.

Une formation à l’échographie pulmonaire (et corps entier) au lit du patient pour les internes et chefs est assurée dans le service de réanimation de l’Hôpital Ambroise-Paré, ainsi que, par une approche personnalisée, par l’intermédiaire du CEURF (www.ceurf.net).

Le CEURF (Cercle des Echographistes d’Urgence et de Réanimation Francophones) forme en français et anglais. Une journée didactique, une ou plusieurs matinées au lit du patient, personnalisées (deux participants). Un test pré- et post- session. Un encadrement didactique après la session (communications sans limitation dans le temps). CEURF, une association à but non lucratif, loi 1901, ayant pour objet de répandre une vision différente de l’échographie.



CEURF
CERCLE DES ECHOGRAPHISTES D'URGENCE ET DE REANIMATION FRANCOPHONES
www.ceurf.net



CEURF

CERCLE DES ECHOGRAPHISTES D'URGENCE ET DE REANIMATION FRANCOPHONES

www.ceurf.net

CEURF

La médecine de demain avec les outils de toujours

CEURF

Scan different