

Advances in the Clinical Application of Lung Ultrasonography

Songfei Wu

Department of Anesthesiology, The Second Affiliated Hospital of Dalian Medical University, Dalian Liaoning
Email: wu_songfei@yeah.net

Received: Sep. 4th, 2018; accepted: Sep. 18th, 2018; published: Sep. 25th, 2018

Abstract

With the development of ultrasonic technique, lung ultrasonography has become an important tool for early diagnosis, dynamic assessment and follow-up of various lung diseases around all kinds of people. This review summarizes the advances in the clinical application of lung ultrasonography.

Keywords

Lung Ultrasonography, Lung Diseases, Lung Ultrasound Score, Intensive Care Unit, Children

肺部超声的临床应用及研究进展

吴松霏

大连医科大学附属第二医院麻醉科, 辽宁 大连
Email: wu_songfei@yeah.net

收稿日期: 2018年9月4日; 录用日期: 2018年9月18日; 发布日期: 2018年9月25日

摘 要

近年来随着超声技术的不断发展, 肺部超声已成为多种肺部疾病早期诊断、动态评估及病情随访的重要工具, 广泛应用于各种人群。本文就肺部超声的临床应用及研究进展作一综述。

关键词

肺部超声, 肺疾病, 肺部超声评分, 重症监护病房, 儿童

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

肺部是人体主要的含气器官，由于超声本身的物理特性，传播路径上遇到气体即发生全反射，导致超声对正常肺组织无法显像，然而在病理状态下，肺组织内气-液比例会发生改变，在超声检查过程中可出现伪影等异常征象，肺超声的检查正是基于这种伪影的分析。肺部超声(lung ultrasonography, LUS)主要包括 10 个基本征象，即正常肺征象(蝙蝠征、胸膜滑动征、A 线)，胸腔积液征象(四边形征、正弦波征)，肺实变征象(碎片征、组织样征)，间质综合征(肺火箭征)及气胸表现(平流层征、肺点) [1]。近年来随着超声技术的不断发展，在国际上超声诊断肺部疾病已成为一种重要的检查和监测治疗效果的手段，实现了肺部病理生理的可视化，被誉为可视“听诊器”，本文就肺部超声在临床中的应用及研究进展作一综述。

2. 肺部超声用于肺部疾病的诊断

随着 Lichtenstein 发现肺部超声的应用价值，建立完善的操作及评分规则、形成 LUS 的影像学理论及流程[2] [3]，近年来 LUS 已成为临床中诊断肺部疾病简单而可靠的手段，LUS 为肺部形态学的变化提供了很多即时有效的信息，通过超声的间接征象例如：是否出现胸膜线异常、A 线消失、B 线异常增多、肺实变等表现可判断肺部疾病的变化[4] [5]，肺脏超声国际联合会发布了肺部疾病超声诊断国际共识认为，肺脏超声不但可以准确诊断多种肺部疾病，而且对气胸、肺实变和胸腔积液等的诊断方面比胸部 X 线具有更高的准确性和敏感性[6]。

2.1. 诊断胸腔积液

目前 LUS 已广泛应用于胸腔积液的诊断，超声检查可以对积液量进行评估、有助于积液性质的判断并定位胸腔穿刺部位，即使是少量的液体，仍具有高敏感性，Yousefifard 的研究表明超声诊断胸腔积液的敏感性与特异性分别为 94%、98%，高于胸部 X 线(51%、91%) [7]。四边形征是 M 型超声诊断胸腔积液的特征性表现，其敏感性为 93%，特异性为 97% [8]。此外，超声的声像图形态特征有助于鉴别胸腔积液的良恶性，胸膜或横膈膜结节及支气管充气征消失是恶性胸腔积液的特征性表现，其敏感性、特异性及准确率分别为 80.3%、83.6%及 81.9% [9]。

2.2. 诊断气胸

LUS 诊断气胸主要的声像图特点是：肺滑动征及沙滩征消失、代之以平流层征，无 B 线或彗尾征及可见肺点。其中肺点是超声诊断气胸的特殊征象，其诊断阳性率可达 100% [10]，肺点的存在也为鉴别诊断胸膜粘连和肺大疱提供了重要的客观依据。Alrajab [11]的研究表明 LUS 与胸部 X 线在诊断气胸上的特异性相似，而前者敏感性明显高于后者，这说明超声对诊断气胸的准确性高于胸部 X 线，而若以 CT 为参照，超声的敏感度为 90% [12]。

2.3. 诊断肺炎

LUS 用于诊断成人社区获得性肺炎的主要表现为不同程度的肺实变及胸膜线异常，部分伴融合的 B 线和胸腔积液。其中胸膜线异常主要表现在急性炎症时期，多呈“破碎征”，当肺组织产生炎症渗出时即产生 B 线，其数量与肺通气的损失程度相关[13] [14]。有国外的研究[15]提示 LUS 诊断肺炎的特异性

及敏感性可达 96%及 90%，说明 LUS 是诊断肺炎的可靠方法，但相较 CT 来说，对于肺门周围的病变敏感性较差，无法量化的评估肺炎病情的严重程度，故目前 LUS 在肺炎中仅用作辅助检查手段。

2.4. 诊断急性呼吸窘迫综合征

急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)的 LUS 表现主要为：肺实变伴支气管充气征、胸膜线异常、弥漫性肺水肿及 A 线消失。其中当肺实变、弥漫性肺水肿与胸膜线异常这三种征象同时存在时，其诊断敏感度和特异度均可达 100% [16]。另外，LUS 是鉴别急性心源性肺水肿与 ARDS 的有效工具，LUS 可以早期识别 ARDS，因其超声异常早于血气分析 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 的变化，且超声表现与肺损伤的进展及 CT 改变高度一致，能较好的反映 ARDS 的严重程度[17] [18]。

2.5. 诊断肺栓塞

目前临床上肺栓塞诊断的金标准是肺血管造影，然而对于部分生命体征不平稳、严重肾功能不全或造影剂过敏而无法行增强 CT 检查的患者来说，LUS 是一种十分有意义的辅助检查。以肺血管造影为参照，LUS 诊断肺栓塞的敏感度为 71%，特异度为 95%，阳性及阴性预测值分别为 95%和 75%，且两者之间有良好的相关性[19]。此外 LUS 作为一种简便无创的检查方法，可以实时动态、连续监测病情变化，具有其他影像学检查方法所无可比拟的优势。

2.6. 诊断肺肿瘤

对于近胸壁的周围型肺肿瘤，LUS 可获得与 CT 相似的断层成像，显示率可达 91%，且不受胸膜肥厚、胸水等因素的影响[20]，并且超声可以动态实时引导操作，提高穿刺准确率减少并发症，故超声引导下肺活检是诊断周围型肺肿瘤的首选方法。气道内超声(endobronchial ultrasonography, EBUS)是 LUS 的一种特殊类型，将 EBUS 与电磁导航支气管镜(electromagnetic navigation bronchoscope, ENB)相结合，可实现可视化病灶探测和定位，将 EBUS 与经支气管针吸活检术(transbronchial needle aspiration, TBNA)相结合，能明显提高 TBNA 的阳性诊断率，是肺恶性肿瘤术前评估的重要工具[21]。

3. 肺部超声用于监测病情、评估治疗反应

3.1. 监测病情变化

目前 LUS 逐渐成为临床中诊断肺部疾病简单而可靠的手段，它能够在患者病情发生改变的第一时间监测到肺部通气区域的形态学改变，有利于判断病情的严重程度和评估治疗情况。研究[22] [23] [24] [25] 证明可以通过动态观察支气管影、肺实变范围与胸腔积液量判断肺炎重症患者病情变化、评估治疗反应，可以通过 LUS 中 B 线数量、间距来评估 ARDS 患者通气障碍的程度，B 线数量增加提示肺通气功能障碍程度加重，而且在使用抗生素治疗的过程中，LUS 显示肺部通气改变比 X 线更为精确。LUS 还可以量化气胸的严重程度和积气体积，其判断速度和准确度均优于传统的 CT 扫描。

B 线亦称彗尾征，其数量的多少取决于肺通气的损失程度，研究[26]证明 LUS B 线与 N 末端 B 型利钠肽原(NT-proBNP)、二尖瓣舒张早期血流峰值速度与二尖瓣环舒张早期运动峰值速度比值(E/e')、血管外肺水(extravascular lung water, EVLW)均具有良好的相关性，故可以利用 LUS 动态评估多种病因引起的肺水肿程度，监测患者机体对补液的反应性，在确保器官灌注的前提下指导液体管理，从而改善患者预后。

3.2. 评估肺通气及膈肌功能

LUS 评分[27]是一种量化肺通气减少程度及比较治疗前后肺通气改善程度的有效评价工具，它实现

了由超声影像向具体数值的转变,总分为36分,分值越高提示肺通气情况越差。临床研究[28]表明LUS评分与呼吸频率、脉搏血氧饱和度、血气分析中的 PaO_2 、 PaCO_2 均具有相关性,LUS可以作为一种可靠的临床监测手段,更直观的指导机械通气患者拔管。此外,LUS可以动态测量呼吸过程中膈肌的运动幅度、厚度及收缩速度,并计算膈肌增厚分数(thickening fraction, TF),而TF是评估膈肌压力驱动能力的直接指标[29]。

4. 肺部超声在特殊人群中的应用

4.1. LUS 在重症监护病房的应用

重症患者的呼吸治疗离不开影像学技术,以往胸部X线是唯一的床旁影像学监测手段,然而不同观察者对同一张胸片是否存在浸润影的一致性仅为57.7% [30],这种情况对于ICU的患者来说更明显,若要进行CT扫描,患者需要转运至CT室,这个过程对于血流动力学不稳定的重症患者来说存在着巨大风险。床旁肺部超声具有实时、快速、无创且可重复多次操作的优势,对于危重患者来说尤为重要。有研究[15]证实,LUS检查在重症患者或接受机械通气患者的一些肺部和胸膜疾病中,其诊断效果优于X线,与胸部CT相当。例如:LUS可以很好地检测到ICU患者厚度大于20 mm的肺实变,其总体敏感度为90%,特异度为98%。胸腔积液在ICU患者中的发生率很高,约41%的患者入院时即合并有胸腔积液,62%的患者在ICU住院期间可发生胸腔积液[31],约19%的机械通气患者被诊断为ARDS [32],存在血管外肺水的增多,而有创呼吸机使用时间延长又可明显增加肺内感染的发生率,这些疾病的诊断、监测都离不开LUS。当处理重症患者的氧代谢异常时,超声既能诊断性评估呼吸系统和循环系统,又能实时评估治疗效果和监测治疗带来的副损伤[1]。

4.2. LUS 在儿童中的应用

超声作为一种便捷无辐射的影像学检查,对于儿童这类敏感人群来说优势显著,特别是对于肌肉骨骼系统尚未发育完全及肺气体含量较少的新生儿更易应用。LUS对于小儿肺部疾病如:NRDS、胎粪类吸入综合征、急性气胸、隐匿性肺不张等都具有很高的诊断敏感度与特异度[33] [34],广泛应用于小儿肺部疾病的诊断及疗效的监测中,在国内外新生儿重症监护室已替代X线成为肺部疾病诊断的首选检查方法[35]。

肺部超声作为一种新兴的床旁影像学诊断技术,具有无创、操作简便、准确可靠、重复性强、便于动态观察的优势,减少危重患者的搬动及放射线暴露,可以对肺部形态学变化提出即时有效的信息,对于多种肺部疾病的早期诊断、动态评估及病情随访具有重要临床意义。同样LUS也具有一定的局限性,肥胖患者胸廓、软组织较厚,皮下气肿、大的胸壁敷料均会影响超声观察[36],但是LUS作为X线和CT检查的有益补充是未来发展的重要方向,具有很好的应用前景,在提倡可视化和无创化医疗的今天,相信随着超声技术的不断发展,LUS会在临床以及麻醉学领域有更广阔的应用前景,值得进一步推广。

参考文献

- [1] 朱然, 马晓春. 重症超声在ICU的应用[J]. 中国医师进修杂志, 2017, 40(1): 17-21.
- [2] Lichtenstein, D. and Peyrouset, O. (2006) Is Lung Ultrasound Superior to CT? The Example of a CT Occult Necrotizing Pneumonia. *Intensive Care Medicine*, **32**, 334-335. <https://doi.org/10.1007/s00134-005-0004-6>
- [3] Lichtenstein, D.A. (2015) BLUE-Protocol and FALLS-Protocol: Two Applications of Lung Ultrasound in the Critically Ill. *Chest*, **147**, 1659-1670. <https://doi.org/10.1378/chest.14-1313>
- [4] Liu, J., Liu, Y., Wang, H.W., et al. (2013). Lung Ultrasound for Diagnosis of Neonatal Atelectasis. *Zhonghua Er Ke Za Zhi*, **51**, 644-648.

- [5] Cattarossi, L., Copetti, R., Brusa, G., *et al.* (2016) Lung Ultrasound Diagnostic Accuracy in Neonatal Pneumothorax. *Canadian Respiratory Journal*, **2016**, Article ID 6515069. <https://doi.org/10.1155/2016/6515069>
- [6] Volpicelli, G., Elbarbary, M., Blaivas, M., *et al.* (2012) International Evidence-Based Recommendations for Point-of-Care Lung Ultrasound. *Intensive Care Medicine*, **38**, 577-591. <https://doi.org/10.1007/s00134-012-2513-4>
- [7] Yousefifard, M., Baikpour, M., Ghelichkhani, P., *et al.* (2016) Screening Performance Characteristic of Ultrasonography and Radiography in Detection of Pleural Effusion: A Meta-Analysis. *Emergency (Tehran)*, **4**, 1-10.
- [8] Shrestha, G.S., Weeratunga, D. and Baker, K. (2018) Point-of-Care Lung Ultrasound in Critically Ill Patients. *Reviews on Recent Clinical Trials*, **13**, 15-26. <https://doi.org/10.2174/1574887112666170911125750>
- [9] Bugalho, A., Ferreira, D., Dias, S.S., *et al.* (2014) The Diagnostic Value of Transthoracic Ultrasonographic Features in Predicting Malignancy in Undiagnosed Pleural Effusions: A Prospective Observational Study. *Respiration*, **87**, 270-278. <https://doi.org/10.1159/000357266>
- [10] Bouhemad, B., Mongodi, S., Via, G., *et al.* (2015) Ultrasound for “Lung Monitoring” of Ventilated Patients. *Anesthesiology*, **122**, 437-447. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000000558>
- [11] Alrajab, S., Youssef, A.M., Akkus, N.I., *et al.* (2013) Pleural Ultrasonography versus Chest Radiography for the Diagnosis of Pneumothorax: Review of the Literature and Meta-Analysis. *Critical Care*, **17**, 208. <https://doi.org/10.1186/cc13016>
- [12] Azad, A., Juma, S.A., Bhatti, J.A., *et al.* (2015) Validity of Ultrasonography to Diagnosing Pneumothorax: A Critical Appraisal of Two Metaanalyses. *Canadian Journal of Emergency Medicine*, **17**, 199-201. <https://doi.org/10.2310/8000.2014.140698>
- [13] Brixey, A.G., Luo, Y., Skouras, V., *et al.* (2011) The Efficacy of Chest Radiographs to Detect Parapneumonic Effusions. *Respirology*, **16**, 1000-1004. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1843.2011.02006.x>
- [14] Reissig, E.A. and Kroegel, C. (2007) Sonographic Diagnosis and Follow-Up of Pneumonia: A Prospective Study. *Respiration*, **74**, 537-547.
- [15] Lichtenstein, D. (2014) Lung Ultrasound in the Critically Ill. *Current Opinion in Critical Care*, **20**, 315-322. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000096>
- [16] 刘敬, 曹海英, 刘颖. 肺脏超声对新生儿呼吸窘迫综合征的诊断价值[J]. 中华儿科杂志, 2013, 51(3): 205-210.
- [17] Copetti, R., Soldati, G. and Copetti, P. (2008) Chest Sonography: A Useful Tool to Differentiate Acute Cardiogenic Pulmonary Edema from Acute Respiratory Distress Syndrome. *Cardiovascular Ultrasound*, **6**, 16.
- [18] Shen, P., Zong, Y.M., Shu, J., *et al.* (2013) Dynamic Assessment of Lung Injury by Ultrasound in a Case with H7N9 Influenza. *Critical Care*, **17**, 438. <https://doi.org/10.1186/cc12751>
- [19] Mathis, G., Blank, W., Reissig, A., *et al.* (2005) Thoracic Ultrasound for Diagnosing Pulmonary Embolism: A Prospective Multicenter Study of 352 Patients. *Chest*, **128**, 1531-1538. <https://doi.org/10.1378/chest.128.3.1531>
- [20] Tian, Q., Chen, L.A., Wang, R.T., *et al.* (2013) The Reasons of False Negative Results of Endobronchial Ultrasound-Guided Transbronchial Needle Aspiration in the Diagnosis of Intrapulmonary and Mediastinal Malignancy. *Thoracic Cancer*, **4**, 186-190. <https://doi.org/10.1111/1759-7714.12010>
- [21] Guo, H., Liu, S., Guo, J., *et al.* (2016) Rapid On-Site Evaluation during Endobronchial Ultrasound-Guided Transbronchial Needle Aspiration for the Diagnosis of Hilar and Mediastinal Lymphadenopathy in Patients with Lung Cancer. *Cancer Letters*, **371**, 182-186. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2015.11.038>
- [22] Chen, I., Lin, M., Liu, Y., *et al.* (2017) The Role of Transthoracic Ultrasonography in Predicting the Outcome of Community-Acquired Pneumonia in Hospitalized Children. *PLoS ONE*, **12**, e173343. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173343>
- [23] Wang, X.T., Ding, X., Zhang, H.M., *et al.* (2016) Lung Ultrasound Can Be Used to Predict the Potential of Prone Positioning and Assess Prognosis in Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome. *Critical Care*, **20**, 385. <https://doi.org/10.1186/s13054-016-1558-0>
- [24] Volpicelli, G., Boero, E., Sverzellati, N., *et al.* (2014) Semi-Quantification of Pneumothorax Volume by Lung Ultrasound. *Intensive Care Medicine*, **40**, 1460-1467. <https://doi.org/10.1007/s00134-014-3402-9>
- [25] Bouhemad, B., Brisson, H., Le-Guen, M., *et al.* (2011) Bedside Ultrasound Assessment of Positive End-Expiratory Pressure-Induced Lung Recruitment. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, **183**, 341-347. <https://doi.org/10.1164/rccm.201003-0369OC>
- [26] 杨菲菲, 王秋霜, 黄党生, 等. 应用肺部超声的肺水 B 线与 N 末端 B 型利钠肽原和 E/e 评价急性心力衰竭患者肺水肿的相关研究[J]. 中国循环杂志, 2018, 33(4): 355-359.
- [27] 江山, 孙杨, 何绍明. 肺部超声在麻醉学中的应用进展[J]. 东南国防医药, 2016, 18(3): 298-302.
- [28] 杨婷, 张玮, 杨德兴, 等. 肺部超声对机械通气患者拔管成功率预测价值的研究[J]. 重庆医学, 2018, 47(7):

896-901.

- [29] Blumhof, S., Wheeler, D., Thomas, K., *et al.* (2016) Change in Diaphragmatic Thickness during the Respiratory Cycle Predicts Extubation Success at Various Levels of Pressure Support Ventilation. *Lung*, **194**, 519-525. <https://doi.org/10.1007/s00408-016-9911-2>
- [30] Albaum, M.N., Hill, L.C., Murphy, M., *et al.* (1996) Interobserver Reliability of the Chest Radiograph in Community-Acquired Pneumonia. PORT Investigators. *Chest*, **110**, 343-350. <https://doi.org/10.1378/chest.110.2.343>
- [31] Lichtenstein, D. 危重疾病超声诊断必读: 肺及循环系统功能超声评价及其他[M]. 崔立刚, 译. 北京: 人民军医出版社, 2015.
- [32] Irish Critical Care Trials Group (2008) Acute Lung Injury and the Acute Respiratory Distress Syndrome in Ireland: A Prospective Audit of Epidemiology and Management. *Critical Care*, **12**, R30. <https://doi.org/10.1186/cc6808>
- [33] Santos, T.M., Franci, D., Coutinho, C.M., *et al.* (2013) A Simplified Ultrasound-Based Edema Score to Assess Lung Injury and Clinical Severity in Septic Patients. *American Journal of Emergency Medicine*, **31**, 1656-1660. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2013.08.053>
- [34] Acosta, C.M., Maidana, G.A., Jacovitti, D., *et al.* (2014) Accuracy of Transthoracic Lung Ultrasound for Diagnosing Anesthesia-Induced Atelectasis in Children. *Anesthesiology*, **120**, 1370-1379. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000000231>
- [35] Mohammed, S., Nour, I., Shabaan, A.E., *et al.* (2015) High versus Low-Dose Caffeine for Apnea of Prematurity: A Randomized Controlled Trial. *European Journal of Pediatrics*, **174**, 949-956. <https://doi.org/10.1007/s00431-015-2494-8>
- [36] 刘畅, 崔立刚. 肺部超声在危重症中的临床应用[J]. 中华诊断学电子杂志, 2017, 5(3): 145-148.

附 录

英文注释

LUS: Lung ultrasonography

ARDS: Acute respiratory distress syndrome

EBUS: Endobronchial ultrasonography

ENB: Electromagnetic navigation bronchoscope

TBNA: Transbronchial needle aspiration

EVLW: Extravascular lung water

TF: Thickening fraction

Hans 汉斯

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2161-8712, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: acm@hanspub.org