

肺部超声在重症监护中的综合应用进展

祝 静 杨远征 徐 昉 刘 琼

摘 要 近年来,随着肺部超声技术的进一步发展,在重症监护中可对危重患者进行无创、可重复操作的病情诊断及监测,在诊断肺部疾病中具有较高的敏感性和特异性,可对重症患者进行实时监控病情变化,评估治疗效果,具有较高的诊断价值。本文就肺部超声在重症监护室中的综合应用进展进行综述。

关键词 超声检查;重症监护;肺

[中图分类号]R445.1

[文献标识码]A

Application of lung ultrasonography in intensive care unit

ZHU Jing, YANG Yuanzheng, Xu Fang, LIU Qiong

Department of Emergency, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China

ABSTRACT In recent years, with the further development of lung ultrasonography (LUS) technology, the noninvasive and repeatable disease diagnosis and monitoring has been widely used in intensive care units. With high sensitivity and specificity in identifying pulmonary diseases, LUS is valuable for real-time monitoring condition changes of the disease and evaluating the therapeutic effect in intensive care patient. This article reviews the progress of comprehensive application of lung ultrasound in intensive care units.

KEY WORDS Ultrasonography; Intensive care; Lung

随着超声技术的发展,肺部超声在重症监护室(intensive care units, ICU)中的应用也越来越广泛^[1-2]。但因肺是含有气体的组织,且同时存在骨性胸廓遮蔽,很大程度上限制了肺部超声显像发展,制约了其在 ICU 中的应用。随着对疾病认识的不断深入,除了常见的“基本”肺部病变以外,危重症患者在系统疾病或综合征如脓毒症、急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)、多器官功能障碍综合征(multiple organ dysfunction, MODS)等病理状态下也会出现肺部的改变。这些改变主要基于肺组织内气-液比例变化引起的病理生理改变,为应用肺部超声来评估患者病情变化提供了可能^[3]。与胸部 X 线摄影或胸部 CT 相比,肺部超声具有可移动、快速、重复性强、操作简便及经济等优势^[1]。相关研究^[4]表明在诊断气胸、胸腔积液等肺部疾病时,肺部超声的诊断准确率可达 92%~100%,可见在 ICU 内运用肺部超声检查对肺部疾病诊断、评估病情严重程度和随访上均有重要的临床价值。本文就肺部超声在 ICU 中的综合应用进展进行综述,报道如下。

一、“基本”肺部疾病(或情况)肺部超声成像特点

ICU 的范畴涵盖综合 ICU 和专科 ICU,因此疾病种类的多样性是 ICU 疾病谱的一个明显特征,而气胸、胸腔积液、肺实变及肺不张等“基本”肺部疾病(或情况)是 ICU 内疾病最为基本

的问题。

1. 气胸:由肺部疾病或外力使肺组织和脏层胸膜破裂,肺和支气管内空气逸入胸膜腔而引起。由于重症患者常常需要接受机械辅助通气治疗或者由于其他情况的限制(如休克等)必须卧床且不宜搬运。而床旁仰卧位的胸部 X 线摄片在诊断气胸时敏感性明显下降,且可能遗漏对隐性气胸的检出,相关研究^[5-6]证实,肺部超声对气胸诊断的特异性与胸部 X 线摄片相似,但敏感性更高。同时,肺部超声在诊断隐性气胸上有较高的敏感性,因此在需要实现快速诊断患者病情时建议选择肺部超声检查^[7]。气胸的主要超声图像特点为:B 线及正常“彗星尾征”消失,“肺滑动征”阴性和肺点出现,而 M 型超声提示肺部“沙滩征”被“平层征”取代。

2. 胸腔积液:由于胸膜毛细血管内静水压增高(如充血性心力衰竭)、胸膜通透性增加(如胸膜炎和肿瘤)、胸膜毛细血管内胶体渗透压降低(如低蛋白血症和肝硬化)、壁层胸膜淋巴回流障碍(如癌性淋巴管阻塞)及胸部损伤等因素引起的胸膜腔内病理性液体积聚。胸腔积液的主要声像图特点为:胸膜脏层和壁层之间出现可随呼吸而改变的低回声或无回声区,而 M 型超声提示为超声“四象征”,即当与相邻的两个肋骨阴影结合时,肺线和胸膜线形成四边形。研究^[8]证实 M 型超声诊断胸腔积液的敏感性为 93%,特异性为 97%。目前,肺部超声已广泛应用于床

基金项目:国家自然科学基金项目(81760341);重庆市卫生和计划生育委员会医学科研项目(2017ZDXM007)

作者单位:400016 重庆市,重庆医科大学附属第一医院急诊医学科(祝静、徐昉、刘琼);海南医学院附属医院重症医学科(杨远征)

通信作者:刘琼, Email: liuqiong0219@163.com

旁胸腔积液诊断与胸腔积液穿刺定位。Yousefifard 等^[9]研究发现超声诊断胸腔积液的敏感性和特异性分别为 94%、98%，高于胸部 X 线摄影(51%、91%)。

3.肺实变:由多种损伤因子(病原微生物、理化因素等)、免疫反应异常及肺循环障碍引起肺毛细血管通透性增高所致的病理性改变,表现为肺泡中的空气被液体或炎性渗出物和/或细胞浸润完全替代。若肺实变累及整个肺叶,超声图像表现为深部边缘规整,而胸腔内探及“肝样变结构”;若肺实变仅累及局部肺叶,超声图像表现为深部边缘不规整,肺组织探及不同程度碎片征。此外,肺实变还可在病变部位肺组织内探及 B 线增多、静态和/或动态支气管“充气征”、支气管“充液征”及实变区血流信号等特征性改变^[10]。Llamas-Alvarez 等^[11]通过 Meta 分析发现肺部超声可作为肺实变的辅助诊断措施,其敏感性和特异性分别为 80%~90%和 70%~90%。但是,由于肺实变可能合并其他肺部病变(如胸腔积液、肺不张),超声显像较难鉴别肺实变与肺不张,且当肺实变部位未靠近胸膜时,肺内气体会干扰成像,这也是阻碍肺部超声在肺实变临床诊断中广泛应用的重要因素之一^[12]。

4.肺不张:指部分或全肺完全丧失通气,肺不张主要包括压缩性肺不张(大量胸腔积液或气胸压迫肺组织)和阻塞性肺不张(大量痰液、肿瘤、肉芽肿、异物等导致下气道阻塞)两大类。早期肺不张的主要声像图特点:肺组织“肝样变结构”改变和肺“滑动征”消失,同时病变肺组织内空气可能形成静态的“支气管征”。此外,心脏成像位置改变、膈肌动态运动消除、膈肌成像位置改变(升高 2 cm)及存在少量(<250 ml)胸腔积液等间接征象也是诊断肺不张的重要超声影像学依据。但病变肺组织内出现动态支气管征时,除诊断肺不张(特异性为 94%),在与肺实变鉴别时其敏感性相对较低(61%)^[13],此时可通过间接诊断标准或临床表现提高对肺不张的肺部超声诊断准确率。

5.肺间质综合征:由某种毒素或抗原引起的肺间质组织炎症反应,主要累及支气管壁肺泡壁。其声像图特点:特定横断面下垂直于胸膜线的 B 线数目>3 条,同时存在较长的“彗星尾征”。与胸部 X 线摄片相比,肺部超声诊断肺间质综合征敏感性为 93%~94%;与胸部 CT 相比,其诊断准确率为 100%^[4,8]。由此可见,肺间质性改变的特征超声图像可以作为临床排除肺间质性病变的快速检查方法。

6.肺栓塞:由于内源性或外源性栓子栓塞肺动脉主干或分支而引起的影响肺循环而严重威胁患者生命的综合征。其主要声像图特点:胸膜下呈现三角形、楔形或圆形均匀低回声区;邻近胸膜可见胸腔积液可作为辅助诊断依据。Squizzato 等^[14]通过 Meta 分析发现,肺部超声诊断肺栓塞的敏感性和特异性分别为 87%和 82%。而诊断肺栓塞“金标准”的计算机断层摄影肺血管造影术(computed tomographic pulmonary angiography,CTPA)在诊断肺栓塞时敏感性和特异性分别为 98%和 94%。可见,肺部超声并非诊断肺栓塞的首选方法。但基于深静脉血栓是 ICU 常见并发症,而其血栓脱落亦是肺栓塞的重要栓子来源,因此应用肺部超声联合血管超声可以兼顾检查 ICU 患者肺部病变与四肢深静脉血管情况^[14-15]。

二、ICU 内肺部“炎症性改变”的超声评价

肺部“炎症性改变”是一个比较广泛的概念,除了常见的肺炎

(细菌性、病毒性、真菌性等),由于失控性炎症打击所造成的肺部改变也渐渐被业界所认识,这一类改变以 ARDS 最具有代表性。

1.肺炎:指终末气道、肺泡和肺间质的炎症,可由微生物、理化因素、免疫反应、过敏及药物所致。在发达国家中,肺炎的发病率逐年上升,约 21%~25%的肺炎患者需要住院治疗,而住院肺炎患者死亡率为 10.3%~13.8%,其死亡率与年龄和营养状况密切相关^[16-17]。肺炎的主要超声图像特点为:出现肺实变影(可见组织样变化,多普勒超声可见病变区条状血流信号改变);B 线增多,呈高回声“彗星尾”征伪影,由胸膜线起,垂直无分散,A 线消失,肺“滑动征”存在;胸膜线异常,部分肺叶实变时可形成不规则散在线,病变涉及整个肺叶时可形成一条规则线条;可能合并胸腔积液。肺部超声诊断肺炎的敏感性和特异性分别为 92%和 93%^[16],具有较高诊断价值。研究^[18]发现超声可动态观察支气管影、肺实变病灶数量及胸腔积液,是判断肺炎严重程度的重要依据,可通过观察肺实变范围与胸腔积液量的动态变化判断肺炎重症患者病情严重程度、评估治疗情况^[19]。在新生儿肺炎诊断和病情评估上,肺部超声检查的无创、便捷等更凸显其优势。

2.ARDS:为 ICU 内最常见的呼吸衰竭之一,发病诱因众多,且患者均需要接受机械通气支持。对 ARDS 的严重程度判断主要依靠氧合指数、临床症状等。无创、无辐射的电阻抗断层成像技术作为一种床边监测肺容量全部和区域变化的新型辅助工具并非所有医院均能普及和配备。肺部超声具有可重复性,可作为 ARDS 常规临床随访手段,在对接受 ARDS 机械辅助通气、俯卧位通气等治疗的重症患者进行随访与评估中具有重要价值^[20]。ARDS 的超声图像特点为:分布不均匀的 B 线;缺如或缺失胸膜线;减少或缺失肺“滑动征”和肺实变^[21]。超声影像中 B 线数量增加提示肺通气功能障碍程度加重,可在超声检查辅助下根据可见 B 线数量、B 线间距和动态支气管影表现来评估患者通气障碍程度。特别是在床旁超声被广泛开展后,可对 ARDS 进行快速动态评估。此外,肺部超声可通过超声图像鉴别心源性肺水肿,心肺联合超声为 ARDS 的诊断提供了新的依据^[22]。虽然在影像判定上 ICU 医师与超声科医师存在差距,但结合临床病情变化的肺部超声评估给 ARDS 的治疗与预测带来了很大的进步。

三、重症监护患者血流动力学的超声监测和超声评估

血流动力学障碍是 ICU 内另一大类常见的临床问题,其改变所导致的循环衰竭早期即可引起肺内充血或肺淤血。血流动力学功能障碍除了常见的原发心脏疾患以外,脓毒症诱导的心肌功能障碍、ICU 内不恰当的液体治疗等均可导致心力衰竭。对心力衰竭患者给予早期诊断并进行干预能够降低重症患者死亡率。肺充血或肺淤血能够被肺部超声所识别,这就使肺部超声在心力衰竭的早期诊断和严重程度动态评估中的使用成为可能^[23-24]。目前,肺部超声可根据 B 线数量来评估患者肺充血或肺淤血程度,从而早期诊断心力衰竭,同时通过腔静脉分析(如肺动脉压检测)联合简单的心脏彩色多普勒超声心动图评估心室大小、肺充血情况并对循环衰竭患者进行动态监测。Yang 等^[23]研究表明在射血分数得到保留的心力衰竭中,当 B 线数量≥25 条时,肺部超声诊断心力衰竭的敏感性和特异性分别为 92%和 83%。

此外,脓毒症管理中,早期液体复苏是治疗的关键环节之一,而肺部超声联合腔静脉分析对肺水肿情况的实时动态评估

将有助于脓毒症补液进程的管理。尽管肺部超声的精确性无法与有创性血流动力学检测技术(如 PICCO 监测、肺动脉漂浮导管监测等)相提并论,但在良好的临床判断能力保障下,肺部超声在提高快速判断并确定液体反应性等方面仍具有较大潜力。研究^[25]还表明,联合 B 协议、A 协议及 FALLS 协议可对阻塞性、心源性及脓毒性休克进行顺序诊断。尽管三大协议等已被指南证实存在诊断价值,但目前尚未在肺部超声衡量重症患者血流动力学情况方面的指标上达成共识。

四、ICU 内肺部超声应用的局限性和展望

肺部超声在 ICU 内使用日益广泛,特别是床旁超声发展后更呈现井喷,但其局限性仍无法避免,主要表现在:①气体(肺大泡、过度通气及皮下气肿等气体依赖性病灶)、胸廓(过度肥胖等软组织过厚、胸廓畸形)、肩胛骨对超声影像的干扰较大,显影较差;②超声探头视野的局限性无法完成肺部结构的一次性完整显影,仅能对各个层面进行检测,造成肺组织内病灶的肺叶、肺段定位困难;③对操作人员个人的能力有很强的依赖性。由于肺部超声多为动态图像显影,图像记录相对于胸部 X 线摄片或胸部 CT 扫描差,而且操作和诊断多为同一人进行,显示断层不完全或经验不足均会影响结果的准确性,特别是在 ICU 内由非超声专业人员操作时,对操作者的临床疾病判断能力、临床知识储备就提出了非常高的要求。

综上所述,肺部超声因其快速、操作简便、可重复性强及经济等特点,同时可减少危重患者搬运及放射线暴露,适宜于 ICU 内使用。其用于临床诊断具有较高的敏感性及特异性,因此肺部超声是各种肺部急危重症进行早期诊断、动态评估及病情随访的一个重要手段,具有较高的临床应用价值。

参考文献

- [1] Xirouchaki N, Kondili E, Primianakis G, et al. Impact of lung ultrasound on clinical decision making in critically ill patients [J]. *Intensive Care Med*, 2014, 40(1): 57-65.
- [2] Stefanidis K, Dimopoulos S, Nanas S. Basic principles and current applications of lung ultrasonography in the intensive care unit [J]. *Respirology*, 2011, 16(2): 249-256.
- [3] 钟英, 汪朝霞, 王冬. 肺部超声在肺部危重症患者中的应用进展 [J]. *临床超声医学杂志*, 2016, 18(9): 615-617.
- [4] Xirouchaki N, Magkanas E, Vaporidi K, et al. Lung ultrasound in critically ill patients: comparison with bedside chest radiography [J]. *Intensive Care Med*, 2011, 37(9): 1488-1493.
- [5] Nagarsheth K, Kurek S. Ultrasound detection of pneumothorax compared with chest X-ray and computed tomography scan [J]. *Am Surg*, 2011, 77(4): 480-484.
- [6] Alrajhi K, Woo MY, Vaillancourt C. Test characteristics of ultrasonography for the detection of pneumothorax [J]. *Chest*, 2012, 141(3): 703-708.
- [7] Soldati G, Testa A, Pignataro G, et al. The ultrasonographic deep sulcus sign in traumatic pneumothorax [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2006, 32(8): 1157-1163.
- [8] Shrestha GS, Weeratunga D, Baker K. Point-of-care lung ultrasound in critically ill patients [J]. *Rev Recent Clin Trials*, 2018, 13(1): 15-26.
- [9] Yousefifard M, Baikpour M, Ghelichkhani P, et al. Screening performance characteristic of ultrasonography and radiography in detection of pleural effusion: a meta-analysis [J]. *Emerg (Tehran)*, 2016, 4(1): 1-10.
- [10] Wimalasena Y, Kocierz L, Strong D, et al. Lung ultrasound: a useful tool in the assessment of the dyspnoeic patient in the emergency department. Fact or fiction? [J]. *Emerg Med J*, 2018, 35(4): 258-266.
- [11] Llamas-Alvarez AM, Tenza-Lozano EM, Latour-Perez J. Accuracy of lung ultrasonography in the diagnosis of pneumonia in adults: systematic review and meta-analysis [J]. *Chest*, 2017, 151(2): 374-382.
- [12] Blaivas M. Lung ultrasound in evaluation of pneumonia [J]. *J Ultrasound Med*, 2012, 31(6): 823-826.
- [13] Lichtenstein D, Meziere G, Seitz J. The dynamic air bronchogram. A lung ultrasound sign of alveolar consolidation ruling out atelectasis [J]. *Chest*, 2009, 135(6): 1421-1425.
- [14] Squizzato A, Rancan E, Dentali F, et al. Diagnostic accuracy of lung ultrasound for pulmonary embolism: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Thromb Haemost*, 2013, 11(7): 1269-1278.
- [15] 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.
- [16] Orso D, Guglielmo N, Copetti R. Lung ultrasound in diagnosing pneumonia in the emergency department: a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur J Emerg Med*, 2017, 20(11): 517.
- [17] Tichopad A, Roberts C, Gembula I, et al. Clinical and economic burden of community-acquired pneumonia among adults in the Czech Republic, Hungary, Poland and Slovakia [J]. *PLoS One*, 2013, 8(8): e71375.
- [18] Chen I, Lin M, Liu Y, et al. The role of transthoracic ultrasonography in predicting the outcome of community-acquired pneumonia in hospitalized children [J]. *PLoS One*, 2017, 12(3): e173343.
- [19] Sperandio M, Carnevale V, Muscarella S, et al. Clinical application of transthoracic ultrasonography in inpatients with pneumonia [J]. *Eur J Clin Invest*, 2011, 41(1): 1-7.
- [20] Wang XT, Ding X, Zhang HM, et al. Lung ultrasound can be used to predict the potential of prone positioning and assess prognosis in patients with acute respiratory distress syndrome [J]. *Crit Care*, 2016, 20(1): 385.
- [21] Papazian L, Calfee CS, Chiumello D, et al. Diagnostic workup for ARDS patients [J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42(5): 674-685.
- [22] 黄道政, 马欢, 王首红, 等. 心肺联合超声对急性呼吸窘迫综合征的诊断价值 [J]. *中华危重病急救医学*, 2016, 28(11): 1039-1042.
- [23] Yang F, Wang Q, Zhi G, et al. The application of lung ultrasound in acute decompensated heart failure in heart failure with preserved and reduced ejection fraction [J]. *Echocardiography*, 2017, 34(10): 1462-1469.
- [24] Platz E, Merz AA, Jhund PS, et al. Dynamic changes and prognostic value of pulmonary congestion by lung ultrasound in acute and chronic heart failure: a systematic review [J]. *Eur J Heart Fail*, 2017, 19(9): 1154-1163.
- [25] Lee CW, Kory PD, Arntfield R T. Development of a fluid resuscitation protocol using inferior vena cava and lung ultrasound [J]. *J Crit Care*, 2016, 31(1): 96-100.

(收稿日期: 2017-12-21)