

• 综述 •

心肺联合超声对急性呼吸窘迫综合征的诊断价值

黄道政 马欢 王首红 温剑艺 廖小龙 郭伟新 王中华 吴岩 覃铁和

510080 广东广州,广东省人民医院(广东省医学科学院),广东省老年医学研究所 ICU(黄道政、王首红、温剑艺、廖小龙、郭伟新、王中华、吴岩、覃铁和); 510120 广东广州,广东省中医院重症医学科(马欢)

通讯作者:覃铁和, Email: qth6626@163.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.11.021

【摘要】 急性呼吸窘迫综合征(ARDS)柏林标准强化了 ARDS 定义的可行性、可靠性和有效性。柏林标准在影像学诊断方面明确指出,可采用胸部 CT 代替 X 线胸片,但胸部 CT 因患者转运风险大、费用高、放射性暴露等因素限制了其在危重患者中的应用,而 X 线胸片对 ARDS 的评价标准仍不清晰,导致 ARDS 诊断特异性下降。ARDS 早期诊断尤其是影像学诊断仍然面临诸多困难。近年来床旁超声(PoCUS)因其具有可实时、动态评估心肺功能的变化等特点,越来越受到临床医师的关注和重视。结合 ARDS 柏林诊断标准及内涵,我们认为心肺联合超声可能为 ARDS 的早期诊断提供新的依据,甚至建立新的诊断标准。

【关键词】 心肺联合超声; 肺部超声; 急性呼吸窘迫综合征; 诊断

基金项目: 国家自然科学基金青年基金(81602848); 广东省医学科研基金项目(B2015076, C2015046)

Diagnostic value of integrated cardiopulmonary sonography in acute respiratory distress syndrome Huang Daozheng, Ma Huan, Wang Shouhong, Wen Jianyi, Liao Xiaolong, Guo Weixin, Wang Zhonghua, Wu Yan, Qin Tiehe
Department of Intensive Care Unit, Guangdong Geriatric Institute, Guangdong General Hospital, Guangdong Academy of Medical Sciences, Guangzhou 510080, Guangdong, China (Huang DZ, Wang SH, Wen JY, Liao XL, Guo WX, Wang ZH, Wu Y, Qin TH); Department of Critical Care Medicine, Guangdong Provincial Hospital of Chinese Medicine, Guangzhou 510120, Guangdong, China (Ma H)

Corresponding author: Qin Tiehe, Email: qth6626@163.com

【Abstract】 The Berlin definition of acute respiratory distress syndrome (ARDS) has strengthened the feasibility, reliability and validity of clinical application. It was pointed out clearly that computed tomography (CT) scan can be used instead of chest X-ray radiograph for chest imaging diagnosis in Berlin criteria. However, thoracic CT scan was limited in the field of critical care medicine due to the high risk of transportation, high cost, radiation exposure and other factors. But the diagnostic criteria of chest X-ray for ARDS is still unclear, which resulted in a decline in diagnostic specificity of ARDS. The early diagnosis of ARDS is still remaining extremely challenging, especially in chest imaging diagnosis. Point-of-care ultrasonography (PoCUS) with the characteristics of real time and dynamic evaluation of cardiopulmonary function has gained more and more attention of clinicians in recent years. Combined with the diagnostic criteria and connotation of ARDS in Berlin definition, integrated cardiopulmonary sonography may provide a new reference for early diagnosis, and even create new criteria for the diagnosis of ARDS.

【Key words】 Integrated cardiopulmonary sonography; Lung ultrasonography; Acute respiratory distress syndrome; Diagnosis

Fund program: Youth Fund of National Natural Science Foundation of China (81602848); Medical Scientific Research Foundation of Guangdong Province (B2015076, C2015046)

急性呼吸窘迫综合征(ARDS)是感染、休克、创伤等疾病过程中肺实质细胞损伤导致的临床综合征^[1]。自 1967 年 Ashbaugh 首次提出 ARDS 的概念以来,经过近 50 年的发展,ARDS 的诊治水平已取得了很大进步。但一项涉及全球五大洲 50 个国家 459 个重症加强治疗病房(ICU)为期 4 周的前瞻性队列研究(LUNG-SAFE 研究)显示,ARDS 仍然存在诊断不足、治疗不充分及病死率高等问题,而其中重度 ARDS 患者病死率接近 50%^[2]。显然,早期诊断和及早干预是改善 ARDS 预后的重要措施。肺部影像学改变是诊断 ARDS 的重要依据。根据影像学的诊断标准,ARDS 患者的 X 线胸片特征为不能完全用胸腔积液、肺不张或结节解释的双肺透光度减低^[3];但 X 线胸片尤其是床边 X 线胸片

的采集受诸多因素影响,对 ARDS 的诊断价值不高^[4]。胸部 CT 扫描虽然是目前诊断 ARDS 的重要影像学依据,但因患者转运风险大、费用高、放射线暴露等因素,限制了其在危重患者中的广泛应用。故 ARDS 早期诊断尤其是影像学诊断仍然面临诸多困难。

随着床旁超声(PoCUS)在临床的广泛应用,肺部超声在重症患者的急性呼吸困难或血流动力学不稳定病因诊断^[5],鉴别胸腔积液、气胸、间质水肿、呼吸衰竭(呼衰)等病理状态^[6],以及对 ARDS 患者病情严重程度和预后的评估价值^[7]等方面,越来越受到临床医师的关注和重视。2012 年国际肺部超声循证共识(简称共识)^[8]的发表,使肺部超声的临床应用进入了新的发展阶段。PoCUS 可实时、动态评估心

肺功能的变化,结合 ARDS 定义柏林诊断标准和内涵,心肺联合超声可为 ARDS 的早期诊断提供新的依据,甚至建立新的诊断标准。

1 肺部超声的概述

既往认为,肺部超声检查的盲区,但随着超声技术的发展,以及近 20 年临床应用和科研的深入开展,肺部超声在危重患者肺实变、肺不张的诊断^[9]及呼吸困难鉴别诊断^[10]等方面的应用价值及其优势越来越明显。

1.1 正常肺部超声征象:包括蝙蝠征、胸膜线、胸膜滑动征、沙滩征(M 型超声探测)及 A 线。

1.1.1 蝙蝠征:正常肺部超声二维图像呈蝙蝠征,通过肋骨后方形成的声影可确定肋骨线。

1.1.2 胸膜线:在肋骨线深面 0.5~1.0 cm 处可见一条随着呼吸运动而来回滑动的高回声线,即为胸膜线。

1.1.3 胸膜滑动征:脏层和壁层胸膜在呼吸周期中做相对运动,在二维超声下即表现为胸膜滑动征。

1.1.4 沙滩征:正常肺部超声在 M 型超声下则表现为沙滩征,亦称为海岸征,即壁层胸膜和脏层胸膜在呼吸周期中存在相对运动,导致胸膜线以下深部结构呈颗粒状改变,形似“沙滩”;而胸膜线以上的肌肉等结构因不存在相对运动,超声图像表现为多条平行线形似“大海”,故而得名。胸膜滑动征和沙滩征均属于排除气胸的超声征象。

1.1.5 A 线:A 线即为混响伪像,亦称水平伪像,表现为胸膜线下等距离平行排列的多条高回声线,强度依次减弱。

研究显示,双肺前胸壁探查到 A 线提示肺动脉楔压(PAWP)≤18 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa),特异度为 93%,敏感度为 50%,阳性预测值为 97%,阴性预测值为 24%^[11]。超声探查到 A 线、并同时存在胸膜滑动征,则标记为 A⁺(正常模式),提示检测部位胸膜线下邻近结构以气体为主(气液比例约 98%)、通气良好、相对渗出少,无气胸、肺实变及肺不张等。

1.2 异常肺部超声征象:包括胸膜滑动征消失、B 线、组织样征、碎片征、支气管气影、支气管液影、肺搏动征、肺点、平流层征、正弦征及方形征等^[8]。

B 线具有起自胸膜线、随胸膜滑动而移动、垂直于胸膜线发出高回声影、“彗星尾”样改变、激光束状、直达屏幕边缘且不衰减、擦除 A 线等 7 个特征。对于擦除 A 线这一 B 线特征,我们在临床实践过程中发现,某些情况下 A 线和 B 线可同时存在,且往往发生于吸气末或呼气早期,有人形象地称之为“潮式肺复张”表现。因此,2012 年共识并未把“擦除 A 线”写入 B 线特征是有一定道理的。B 线亦可以看作是数十根小 A 线平行排列组成,这些小 A 线又称之为 J 线。根据相连 B 线在胸膜线上的距离分为 B3 线和 B7 线,前者间距≤3 mm,后者间距约 7 mm。超声探测到多条 B3 线常提示肺泡性肺水肿,对应 X 线胸片或胸部 CT 显示的毛玻璃样改变;而超声探测到 B7 线往往提示小叶间隔增厚。

正常肺部超声通常检测不到 B 线,有时在背部靠近膈肌侧可发现散在 B 线,但垂直扫描的切面上每个肋间隙一般

不超过 3 条;一个肋间隙内 B 线数量≥3 条即视为异常情况,标记为 B⁺(B 模式)。

2012 年共识将双肺分为左右两个肺野,每个肺野划分为 4 个分区;左右肺野均有 2 个或 2 个以上分区表现为 B⁺,即为间质综合征,提示肺泡或间质性肺水肿。

越来越多的研究证据显示,POCUS 可以快速准确地诊断及监测多种心肺相关疾病,如 ARDS、心源性肺水肿、肺栓塞、气胸、胸腔积液、肺实变、慢性阻塞性肺疾病(COPD)、哮喘及肺炎等,从而影响临床决策^[12]。

1.3 肺部超声的实施需要遵循“肺部超声七原则”^[13]:

① 简单原则,即选择简单的超声设备即可进行肺部超声检查,无需选择功能复杂的仪器;② 胸部是一个气体和液体充分混合的空间,正常或病理状态下的肺脏(表面)由于气液比例不同而产生不同的超声征象或伪像;③ 肺脏是人体最大的器官,检查时可人为进行肺野分区,利于操作标准化;④ 所有的肺部超声征象均起源于胸膜线;⑤ 大部分肺部超声静态图像都是通过伪像进行辨别分析;⑥ 肺脏是一个非常重要的器官,且绝大多数从胸膜线产生的超声征象都是动态的;⑦ 几乎所有危及生命的急性胸部疾病都将影响肺脏表面的胸膜结构,通过胸膜结构及由此产生的超声影像,能够反映检测部位的肺野病变情况。需要强调的是,对于未累及胸膜线的肺实质病变如小叶性肺炎,其病变部位的肺超声或许不能真实反映肺脏病变情况。

2 ARDS 的肺部超声特点

ARDS 患者肺部病变具有不均一性的特点,影像学特征是诊断 ARDS 必不可少的依据。超声作为影像学观察的重要方法,可通过多角度、全方位探查肺野获取信息,理论上肺部超声监测或许能达到或接近 CT 扫描的效果;同时,超声具备实时、便于反复床边探查等特点,能够连续观察病情的演变,具有 X 线胸片和 CT 扫描难以比拟的独特优势。

ARDS 患者肺泡塌陷的肺野分布、严重程度通常并不均一,既有局灶性改变(病变多位于重力依赖区),也有弥漫性改变(病变分布较均匀)。本课题组前期动物实验研究结果亦提示,肺部超声表现与 CT 扫描所示的病理生理状况基本吻合^[14]。

根据 2012 年共识的推荐意见,ARDS 患者肺部超声探查可有如下表现:① 正常肺通气表现(病变未累及的部位),即 A⁺;② 间质综合征;③ 肺实变征,包括组织样征、碎片征、支气管气影、支气管液影等;④ 胸腔积液,包括静态征象如方形征和正弦征,动态征象如水母征等;⑤ 气胸征象,即胸膜滑动征消失伴 A 线,甚至发现肺点等气胸诊断特异性最高的超声征象。

ARDS 肺部病理改变不均一的特点是上述多种超声征象共同存在的根本原因,即一侧肺野可有 A⁺、间质综合征,低垂部位可有肺实变等超声征象共存;如果患者存在气胸及胸腔积液等异常表现,超声亦可以显示出相应的特征性改变。

另外,肺水含量与氧合关系密切,故对 ARDS 患者的

肺水含量评估极其重要。通过监测肺部超声 B 线的数量情况,甚至可以在氧合发生改变之前早期发现血管外肺水(EVLW)增加等异常改变,而肺水肿是 ARDS 的典型病理表现之一。研究显示,在猪急性肺损伤(ALI)模型中,B 线的数量与肺组织湿/干重(W/D)比值显著相关($r=0.91$, $P<0.001$);在猪 ALI/ARDS 模型中,肺部超声可以简单、半定量地评估 EVLW^[15],本课题组前期动物实验亦得出类似结论^[16]。

ARDS 的诊断重点和难点聚焦于肺水肿的鉴别诊断,而超声监测导向 ARDS 诊断的优势在于可以快速、直观及准确鉴别 ARDS 肺水肿与心源性肺水肿。由于二者肺水肿产生的病理生理机制不同,ARDS 肺水肿往往表现为高通透型,而心源性肺水肿则表现为高静水压型,肺部超声可以发现二者影像学表现上的差异^[8]。从肺部超声角度看,根据 2012 年共识的推荐意见,与心源性肺水肿相比,下述超声征象提示 ARDS 导致肺源性肺水肿的可能性更大:①前壁胸膜下实变;②胸膜滑动征减弱或消失;③部分肺野存在正常肺部超声表现(病变未累及部位);④胸膜线异常征象(不规则的胸膜线节段性增厚或断裂);⑤非匀齐的 B 线分布。而在心源性肺水肿时,超声探测到的 B 线数量与 EVLW 呈显著正相关,甚至可以通过肺部超声观察到随着含水量的增加,肺脏从“黑肺”到“黑白肺”、甚至到“白肺”的发展过程。故对 ARDS 患者而言,CT 扫描所能显示的绝大部分影像学特征,包括肺部和胸腔异常改变均可以被肺部超声所发现,如部分正常肺部区域、间质综合征、胸膜线异常、肺实变和胸腔积液等;同时,超声具有可以在床边随时反复操作、无需特别防护等优势,对于快速鉴别 ARDS 肺水肿与急性心源性肺水肿有着 CT 难以比拟的独特优势,有助于对 ARDS 的早期诊断。

3 ARDS 的心脏超声评估

在既往 ARDS 诊断标准中,必须满足 PAWP ≤ 18 mmHg 或无左心房压力增高的证据方可诊断^[17-18],故心功能评估尤其是左心功能评估是 ARDS 诊断及鉴别诊断的重要环节。既往在 ARDS 诊断中,可通过 Swan-Ganz 导管监测 PAWP ≤ 18 mmHg 作为排除心源性肺水肿的指标,但 Swan-Ganz 导管监测操作繁琐、对 PAWP 监测数据的临床可靠性也争议不断。2011 年 ARDS 定义柏林诊断标准摒弃了 PAWP 这一诊断指标,并强调 ARDS 患者可合并左心功能不全。PoCUS 是快速、直观及准确评估心血管功能的重要方法^[19],通过超声可评估左室射血分数(LVEF)、每搏量(SV)、心排血量(CO)、左室流出道速度时间积分(LVOT-VTI)、左房压(LAP)、瓣膜反流、右心形态及肺动脉压力等指标,综合判断左右心功能状况,从而使 ARDS 的诊断准确性更高。通过超声监测亦可以明确 ARDS 患者是否存在急性肺源性心脏病(ACP),从而有利于治疗的调整及对预后的判断。

4 心肺联合超声对 ARDS 的诊断价值

ARDS 患者肺部病理改变复杂,包括弥漫、双侧及局灶等不同区域分布,又含有渗出、实变、不张等不同病变形式,

还有胸腔积液和气胸等特殊病变。如前所述,超声探测对 ARDS 的这些病理学改变均有较强的识别能力,并能随时追踪其病理演变过程,故重症超声技术的快速发展对 ARDS 患者的临床管理,包括诊断与治疗各方面,可以提供新的理念和思路^[20-21]。心肺联合超声探测可以对 ARDS 肺水肿和静水压增高型肺水肿进行诊断及鉴别诊断^[22];肺部超声还可以对 EVLW 进行半定量评估,指导 ARDS 患者肺复张及合适呼气末正压(PEEP)的选择,及时发现诊治过程中的并发症,指导机械通气撤机等,与重症医学连续、动态对危重患者进行全方位管理的理念高度契合。

5 总结

综上所述,随着近年重症超声的迅速发展,超声技术在重症医学领域^[23-24],尤其是在重症护理^[25]、鉴别诊断 ARDS 和急性心力衰竭^[26]以及监测患者治疗反应和引导困难插管^[27]等方面具有重要价值,使得 PoCUS 在重症医学领域的应用前景日益广阔,重症超声的发展已进入流程化管理的阶段。PoCUS 对 ARDS 诊疗的综合管理更具独特优势,尤其是心肺联合超声在 ARDS 诊断与治疗方面的应用价值可能比床边 X 线胸片和 CT 扫描更大,有望成为 ARDS 患者早期诊断最主要的床旁技术。当然,超声诊断 ARDS 需要解决的问题还不少,例如应用肺部超声诊断 ARDS 时最具诊断价值的征象有哪些?满足哪些征象就可以诊断 ARDS,其敏感性和特异性如何?心功能不全合并 ARDS 患者心肺联合超声检查时,肺部病变如何界定等,相信这些问题将随着研究的深入而得到解决。

最后强调, PoCUS 作为一种监测手段,较其他检测方法具有不可比拟的优势,但它仅仅是一种辅助检查方法。重症患者的管理仍然强调以病史、症状、体征为切入点,辅以针对性的实验室检查和影像学检查。也就是说,只有对重症患者病理生理的深刻认识及对各种监测方法的融会贯通,才能真正做到真正意义上地回归疾病本身治疗,而非盲目的过分对技术进行追求!

参考文献

- [1] Ranieri VM, Rubenfeld GD, Thompson BT, et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition [J]. JAMA, 2012, 307 (23): 2526-2533. DOI: 10.1001/jama.2012.5669.
 - [2] Bellani G, Laffey JG, Pham T, et al. Epidemiology, Patterns of Care, and Mortality for Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome in Intensive Care Units in 50 Countries [J]. JAMA, 2016, 315 (8): 788-800. DOI: 10.1001/jama.2016.0291.
 - [3] Camporota L, Ranieri VM. What's new in the "Berlin" definition of acute respiratory distress syndrome? [J]. Minerva Anestesiol, 2012, 78 (10): 1162-1166.
 - [4] Li G, Malinchoc M, Cartin-Ceba R, et al. Eight-year trend of acute respiratory distress syndrome: a population-based study in Olmsted County, Minnesota [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2011, 183 (1): 59-66. DOI: 10.1164/rccm.201003-0436OC.
 - [5] 王小亭, 赵华, 刘大为, 等. 重症超声快速管理方案在 ICU 重症患者急性呼吸困难或血流动力学不稳定病因诊断中的作用 [J]. 中华内科杂志, 2014, 53 (10): 793-798. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2014.10.008.
- Wang XT, Zhao H, Liu DW, et al. The effects of Peking Union Medical College Hospital Critical Ultrasonic Management scheme on the etiological diagnosis of dyspnea and/or hemodynamic instability in ICU patients [J]. Chin J Intern Med, 2014, 53 (10):

- 793-798. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2014.10.008.
- [6] 马欢,魏丹丹,何健卓,等. 肺脏超声在重症加强治疗病房中的应用进展[J]. 中国中西医结合急救杂志, 2015, 22 (2): 222-224. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2015.02.52.
- Ma H, Wei DD, He JZ, et al. Research Progress in Using lung ultrasound in ICU [J]. Chin J TCM WM Crit Care, 2015, 22 (2): 222-224. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2015.02.52.
- [7] 李莲花,杨倩,李黎明,等. 肺部超声评分评估急性呼吸窘迫综合征患者病情严重程度及预后的价值[J]. 中华危重病急救医学, 2015, 27 (7): 579-584. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.07.008.
- Li LH, Yang Q, Li LM, et al. The value of lung ultrasound score on evaluating clinical severity and prognosis in patients with acute respiratory distress syndrome [J]. Chin Crit Care Med, 2015, 27 (7): 579-584. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.07.008.
- [8] Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound [J]. Intensive Care Med, 2012, 38 (4): 577-591. DOI: 10.1007/s00134-012-2513-4.
- [9] 王小亭,刘大为,张宏民,等. 改良床旁肺部超声评估方案对重症患者肺实变和肺不张的诊断价值[J]. 中华内科杂志, 2012, 51 (12): 948-951. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2012.12.006.
- Wang XT, Liu DW, Zhang HM, et al. The value of bedside lung ultrasound in emergency-plus protocol for the assessment of lung consolidation and atelectasis in critical patients [J]. Chin J Intern Med, 2012, 51 (12): 948-951. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2012.12.006.
- [10] 马欢,郭力恒,黄道政,等. 如何应用床旁肺脏超声快速鉴别诊断呼吸困难: “彗尾征”快速识别心源性气促[J]. 中华危重病急救医学, 2013, 25 (8): 499-500. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2013.08.015.
- Ma H, Guo LH, Huang DZ, et al. How to use lung ultrasonography to distinguish dyspnea of critically ill patients: confirm cardiac dyspnea quickly by “comet-tail” sign [J]. Chin Crit Care Med, 2013, 25 (8): 499-500. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2013.08.015.
- [11] Lichtenstein DA, Mezière GA, Lagoueyte JF, et al. A-lines and B-lines: lung ultrasound as a bedside tool for predicting pulmonary artery occlusion pressure in the critically ill [J]. Chest, 2009, 136 (4): 1014-1020. DOI: 10.1378/chest.09-0001.
- [12] Xirouchaki N, Georgopoulos D. Impact of lung ultrasound on clinical decision making in critically ill patients: response to O'Connor et al [J]. Intensive Care Med, 2014, 40 (7): 1063. DOI: 10.1007/s00134-014-3316-6.
- [13] Lichtenstein D. Pulmonary echography: a method of the future in emergency medicine and resuscitation [J]. Rev Pneumol Clin, 1997 53 (2): 63-68. DOI: RP-05-1997-53-2-0761-8417-101019-ART83.
- [14] Ma H, Huang D, Guo L, et al. Strong correlation between lung ultrasound and chest computerized tomography imaging for the detection of acute lung injury/acute respiratory distress syndrome in rats [J]. J Thorac Dis, 2016, 8 (7): 1443-1448. DOI: 10.21037/jtd.2016.05.15.
- [15] Jambrik Z, Gargani L, Adamicza A, et al. B-lines quantify the lung water content: a lung ultrasound versus lung gravimetry study in acute lung injury [J]. Ultrasound Med Biol, 2010, 36 (12): 2004-2010. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2010.09.003.
- [16] Ma H, Huang D, Zhang M, et al. Lung ultrasound is a reliable method for evaluating extravascular lung water volume in rodents [J]. BMC Anesthesiol, 2015, 15 : 162. DOI: 10.1186/s12871-015-0146-1.
- [17] Bernard GR, Artigas A, Brigham KL, et al. The American-European Consensus Conference on ARDS. Definitions, mechanisms, relevant outcomes, and clinical trial coordination [J]. Am J Respir Crit Care Med, 1994, 149 (3 Pt 1): 818-824. DOI: 10.1164/ajrcrm.149.3.7509706.
- [18] Ferguson ND, Davis AM, Slutsky AS, et al. Development of a clinical definition for acute respiratory distress syndrome using the Delphi technique [J]. J Crit Care, 2005, 20 (2): 147-154. DOI: 10.1016/j.jcrc.2005.03.001.
- [19] Via G, Hussain A, Wells M, et al. International evidence-based recommendations for focused cardiac ultrasound [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2014, 27 (7): 683.e1-683.e33. DOI: 10.1016/j.echo.2014.05.001.
- [20] 赵华,王小亭,刘大为,等. 重症超声快速诊断方案在急性呼吸衰竭病因诊断中的作用[J]. 中华医学杂志, 2015, 95 (47): 3843-3847. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2015.47.010.
- Zhao H, Wang XT, Liu DW, et al. Effects of critical ultrasonic management of Peking Union Medical College Hospital on the etiological diagnosis of patients with acute respiratory failure [J]. Natl Med J China, 2015, 95 (47): 3843-3847. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2015.47.010.
- [21] 丁欣,刘大为,王小亭,等. 俯卧位肺部超声检查预测急性呼吸窘迫综合征患者俯卧位通气的预后价值[J]. 中华内科杂志, 2014, 53 (9): 719-723. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2014.09.011.
- Ding X, Liu DW, Wang XT, et al. The value of prone position lung ultrasound examination in predicting the prognosis of acute respiratory distress syndrome receiving prone ventilation [J]. Chin J Intern Med, 2014, 53 (9): 719-723. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2014.09.011.
- [22] Wang XT, Liu DW, Zhang HM, et al. Integrated cardiopulmonary sonography: a useful tool for assessment of acute pulmonary edema in the intensive care unit [J]. J Ultrasound Med, 2014, 33 (7): 1231-1239. DOI: 10.7863/ultra.33.7.1231.
- [23] Lichtenstein DA. BLUE-protocol and FALLS-protocol: two applications of lung ultrasound in the critically ill [J]. Chest, 2015, 147 (6): 1659-1670. DOI: 10.1378/chest.14-1313.
- [24] 王小亭,刘大为. 重症超声是整合重症医学的有力武器[J]. 中华内科杂志, 2013, 52 (8): 631-633. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2013.08.003.
- Wang XT, Liu DW. A powerful equipment in critical care medicine: critical ultrasound [J]. Chin J Intern Med, 2013, 52 (8): 631-633. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2013.08.003.
- [25] 孙建华,刘大为,王小亭,等. 超声技术在重症护理领域中的应用进展[J]. 中华护理杂志, 2016, 51 (6): 729-732. DOI: 10.3761/j.issn.0254-1769.2016.06.020.
- Sun JH, Liu DW, Wang XT, et al. The research progress of ultrasonic technology in critical care [J]. Chin J Nurs, 2016, 51 (6): 729-732. DOI: 10.3761/j.issn.0254-1769.2016.06.020.
- [26] 赵志伶,杨夏末,么改琦. 超声心动图在鉴别诊断急性呼吸窘迫综合征和急性心力衰竭中的价值[J]. 中华危重病急救医学, 2015, 27 (12): 1004-1006. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.12.014.
- Zhao ZL, Yang XM, Yao GQ. The value of echocardiography in differential diagnosis of ARDS and acute heart failure [J]. Chin Crit Care Med, 2015, 27 (12): 1004-1006. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.12.014.
- [27] 樊凌华,李振伟,董绍群,等. 肺超声在重症加强治疗病房中的应用[J]. 中国中西医结合急救杂志, 2016, 23 (3): 331-333. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2016.03.031.
- Fan LH, Li ZW, Dong SQ, et al. The using of lung ultrasonography in ICU [J]. Chin J TCM WM Crit Care, 2016, 23 (3): 331-333. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2016.03.031.

(收稿日期: 2016-08-26)

(本文编辑: 保健媛, 李银平)