

· 新冠肺炎专题 ·

肺部超声在新冠肺炎重症患者中的应用

张雅卿 傅海龙 羊黎晔 王启龙 王茵 徐海涛

【摘要】 目的 总结疫情一线麻醉科医师将肺部超声用于新型冠状病毒肺炎(COVID-19)重症患者的评估效果。**方法** 回顾性分析 2020 年 2 月 10 日至 3 月 12 日在武汉火神山医院重症一科 ICU 内接受治疗的 50 例 COVID-19 重症患者的临床资料及床旁肺部超声检查结果。**结果** 50 例 COVID-19 重症患者年龄(70.3 ± 9.0)岁,初始症状是咳嗽(100%)、发热(100%)和呼吸困难(24%)。入院后 28 d 的死亡率为 30%。ICU 内床旁肺部超声检查可发现不同程度的超声学病理征象,包括胸膜异常,间质综合征、肺实变、胸腔积液、碎片征和动态支气管征象等。在 ICU 治疗期间存活的患者肺超声评分(LUS)(12.8 ± 4.4)分,非存活者具有持续的肺水肿和肺实变超声表现,LUS(21.0 ± 3.5)分,明显高于存活患者($P < 0.05$)。15 例非存活患者全部发生急性呼吸窘迫综合征(ARDS)并接受有创机械通气(IMV),其中 IMV 治疗 3 d 时 LUS(22.0 ± 1.9)分,5 d 时 LUS(24.2 ± 2.6)分。随着患者康复并转出 ICU,病理性的超声征象呈现逐步减少趋势。**结论** 床旁肺部超声具有简便易行及动态监测的优势,对 COVID-19 重症肺炎患者疗效的评估具有积极意义。

【关键词】 新型冠状病毒肺炎;肺部超声;临床特征;急性呼吸窘迫综合征

Experience in lung ultrasound in critically ill patients with COVID-19 pneumonia ZHANG Yaqing, FU Hailong, YANG Liye, WANG Qilong, WANG Yin, XU Haitao. Department of Anesthesiology, Chang-zheng Hospital, the Second Military Medical University, Shanghai 200003, China
Corresponding author: XU Haitao, Email: xuht1968@163.com

【Abstract】 Objective To summarize the value of evaluating pulmonary disease progression in coronavirus disease 2019 (COVID-19) patient by Doppler ultrasound. **Methods** The clinical data of 50 patients treated in the intensive care unit (ICU) of Huoshenshan Hospital (Wuhan, China) between February 10 and March 12, 2020 were reviewed. **Results** The average age of patients with COVID-19 severe pneumonia was (70.3 ± 9.0) years old, with initial symptoms being cough (100%), fever (100%) and dyspnea (24%). The mortality rate for 28 days was 30%. Lung ultrasound examination next to the bed in the ICU can find different degrees of ultrasound pathological signs, including plexisome, interstitial syndrome, pulmonary real change, thoracic fluid, debris and dynamic static bronchial signs. The pulmonary ultrasound score (LUS) of patients who survived during ICU treatment was (12.8 ± 4.4) scores, non-survivors had persistent pulmonary edema and pulmonary actual ultrasound performance, and pulmonary ultrasound score (LUS) was (21.0 ± 3.5) scores. All 15 non-survivor patients had acute respiratory distress syndrome (ARDS) and received invasive mechanical ventilation (IMV), of which the LUS value on the 3rd day was (22.0 ± 1.9) scores and the 5th day was (24.2 ± 2.6) scores, indicating an increase in lung damage. With the recovery of patients and transfer out of ICU, the signs of disease-rational ultrasound show a gradual decrease trend. **Conclusion** Lung ultrasound by bed has the advantages of simple and dynamic monitoring, and has positive significance for the evaluation of the efficacy of patients with COVID-19 severe pneumonia.

【Key words】 Coronavirus disease 2019; Lung ultrasound; Clinical features; Acute respiratory distress syndrome

截至 2020 年 5 月 4 日,全球已有超过 340 万人确诊新型冠状病毒肺炎(coronavirus disease 2019,

COVID-19),其中近 24 万人死亡,病死率近 7%,感染人数仍在快速增长。约 15%~20% 的 COVID-19 患者会进展为重症或危重症,需转入 ICU 治疗^[1-5]。肺部影像学资料是诊断和治疗 COVID-19 的重要评估依据,其中胸部 CT 是诊断肺部疾病最常用的方法^[6,8]。然而,ICU 内重症 COVID-19 患者兼具高传

DOI:10.12089/jca.2020.06.015

作者单位:200003 上海市,海军军医大学附属长征医院麻醉科(张雅卿、傅海龙、羊黎晔、王启龙、徐海涛);武汉火神山医院重症一科(羊黎晔、徐海涛);同济大学附属上海市肺科医院超声科(王茵)
通信作者:徐海涛,Email: xuht1968@163.com

染性和生命体征不稳定等风险,使 CT 的应用受到限制。床旁肺超声技术可用于各种肺部疾病的诊断和鉴别诊断^[9-10]。超声技术简便易学,超声设备携带方便,能无障碍进入疫区,最大限度减少感染区医务人员的数量。因此,理论上肺部超声在 COVID-19 患者肺部情况的评估中具有独特优势^[11-12]。然而,由于疫情的突发性和局部条件的限制,目前尚缺乏 ICU 内重症患者肺部超声应用的实际经验和数据。作为具备超声基础的麻醉科医师,在参与一线救治的同时,具备快速掌握肺超声技术并用于临床实践的优势。本研究采取横断面研究的方法,回顾性分析了武汉火神山医院重症一科 ICU 内接受治疗的 50 例 COVID-19 重症患者临床资料及由麻醉科医师实施床旁肺超声检查结果,为临床诊治提供参考。

资料与方法

一般资料 本研究于火神山医院立项并获得海军军医大学附属长征医院伦理委员会批准(CZEC-2020-02)。选择 2020 年 2 月 10 日至 3 月 12 日火神山医院重症一科 ICU 收治的 COVID-19 重症患者,需要机械通气或 $\text{FiO}_2 \geq 60\%$ ^[13-14]。

肺超声检查 患者入 ICU 后,按病情变化需求,由经过培训的高级职称麻醉科医师使用多普勒超声诊断仪(LOGIQe)对患者行床旁肺部超声检查。使用 3~5 MHz 的低频凸探头和 8~12 MHz 的高频线性探头。患者取仰卧位或侧位,使用双肺十二分区法进行超声检查^[15]。正常肺部超声征象包括蝙蝠征、肺滑动征和 A 线。病理征象主要包括胸膜线异常(增厚和中断)、肺实变(分形和组织样征象)、间质综合征(B 线融合的肺火箭征)、碎片征、动态支气管征象和胸腔积液等^[16]。并采用肺部超声评分(LUS)作为半定量标准评估肺通气面积^[17]。选择每个检查部位最严重的超声病理征象确定评分,其中正常呼吸区域 0 分,多个和典型的 B 线导致的中度肺通气减少为 1 分,多个 B 线融合致严重肺通气减少为 2 分,明显的肺实变为 3 分。LUS 值为 12 个检查区域评分的总和(范围 0~36 分),LUS 值越高表示有效肺通气面积越少,肺损伤越重。

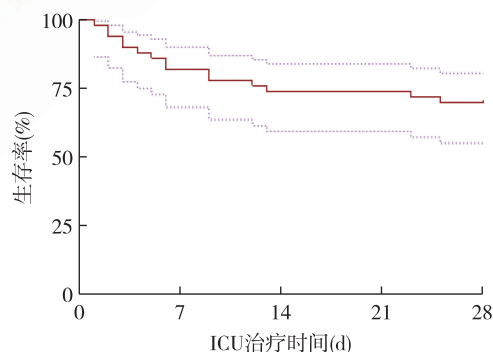
数据收集 包括性别、年龄、慢性病史、从发病到入院的症状、ICU 的生命体征和实验室检查、合并感染、治疗以及生存状态、呼吸机参数。本研究主要指标为入 ICU 后 28 d 的死亡率,次要指标包括 COVID-19 相关急性呼吸窘迫综合征(acute

respiratory distress syndrome, ARDS)和机械通气的发生情况。

统计分析 采用 SPSS 18.0 软件进行数据分析。正态分布计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用两独立样本 *t* 检验;偏态分布计量资料以中位数(*M*)和四分位数间距(IQR)表示,组间比较采用 Wilcoxon 秩和检验。计数资料以例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。绘制生存曲线图。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

本研究共纳入 51 例患者,有 1 例患者在入 ICU 后发生心跳骤停,未行肺超声检查,余 50 例患者资料纳入最终分析。入院后 28 d 内死亡 15 例,死亡率为 30%。ICU 死亡时间为 6(3~10.5)d(图 1)。50 例患者中男 34 例,女 10 例,年龄(70.3±9.0)岁。与存活患者比较,非存活患者糖尿病、呼吸困难、ARDS、急性肾损伤、消化系统损伤、肝脏损伤、医院获得性肺炎、鼻导管高流量吸氧、机械通气比例明显升高,氧合指数(OI)明显降低($P < 0.05$)(表 1)。有 34 例(68%)接受机械通气治疗,22 例(44%)接受有创机械通气(invasive mechanical ventilation, IMV),1 例接受体外膜肺氧合(ECMO),3 例接受肾脏替代治疗。



注:虚线表示 95%CI

图 1 COVID-19 重症患者的生存曲线

与存活患者比较,非存活患者在 ICU 治疗过程中 LUS 明显升高($P < 0.001$)。与 ICU 治疗早期比较,入 ICU 8~11 d 非存活患者 LUS 明显升高($P < 0.001$)。IMV 治疗 3、5 d 非存活患者 LUS 明显升高($P < 0.01$ 或 $P < 0.001$)(表 2)。IMV 治疗 7 d 6 例存活患者 LUS(20.7±4.2)分,2 例非存活患者 LUS 分别为 22 和 24 分。对存活患者的观察发现,肺病理征象在 ICU 治疗中逐步改善,24 例 ICU 出院患者的

表 1 COVID-19 重症患者的一般情况

指标	总计 (n=50)	存活 (n=35)	非存活 (n=15)	P 值
男性[例(%)]	34(68)	25(71)	9(60)	0.514
年龄(岁)	70.3±9.0	69.2±9.9	72.8±5.8	0.321
基础性疾病[例(%)]				
心血管疾病	32(64)	22(63)	10(67)	>0.999
糖尿病	13(26)	6(17)	7(47)	0.040
呼吸系统疾病	1(2)	1(3)	0(0)	>0.999
脑血管疾病	1(2)	0(0)	1(7)	0.300
初始症状[例(%)]				
发热	50(100)	35(100)	15(100)	>0.999
咳嗽	50(100)	35(100)	15(100)	>0.999
呼吸困难	12(24)	2(6)	10(67)	<0.001
乏力	7(14)	3(9)	4(27)	0.177
OI(mmHg)	155.9 (113~190)	174.0 (133~211)	125.0 (66~142)	0.001
ICU 并发症[例(%)]				
ARDS	37(74)	22(63)	15(100)	0.005
急性肾脏损伤	3(6)	0(0)	3(20)	0.023
消化系统损伤	4(8)	0(0)	4(27)	0.006
肝脏损伤	8(16)	0(0)	8(53)	<0.001
医院获得性肺炎	4(8)	0(0)	4(27)	0.006
鼻导管高流量吸氧	20(40)	20(57)	0(0)	<0.001
机械通气	34(68)	19(54)	15(100)	<0.001
IMV	22(44)	7(20)	15(100)	<0.001

超声图像显示,其中 22 例(91.7%)仍有异常胸膜线,4 例(16.7%)有 A 线消退,10 例(41.7%)有 B 线消退,9 例(37.5%)有斑片状肺实变。

床旁肺部超声检查结果显示,50 例患者在入 ICU 时的检查中都发现了显著的肺炎病理征象。胸膜线异常和间质综合征的检出率为 100.0%。肺实变检出 44 例(88.0%),胸腔积液检出 4 例(8.0%)。图 2 显示 COVID-19 重症患者的典型 CT 和超声征像图。存活患者 LUS 18 分,胸部 CT 图像示大部分双侧病变,表现为磨玻璃样。超声图像示不同程度胸膜线异常和间质综合征表现。非存活患者 LUS

表 2 COVID-19 重症患者 LUS 的比较(分, $\bar{x} \pm s$)

时间	存活	非存活	P 值
入 ICU 时间			
1~3 d	12.5±3.9(n=35)	18.4±2.6(n=15)	<0.001
4~7 d	12.4±4.3(n=31)	22.0±1.9(n=11)	<0.001
8~11 d	13.6±5.1(n=19)	24.2±2.6(n=6)	<0.001
IMV 治疗时间			
1 d	21.3±2.1(n=7)	18.4±2.6(n=15)	0.025
3 d	23.0±3.9(n=7)	22.0±1.9(n=9)	0.535
5 d	19.8±4.4(n=6)	24.2±2.6(n=6)	0.086

值分,胸部 CT 图像示沿着胸膜分布的斑片状和汇合病变,伴有双侧磨玻璃和多发肺实变。超声图像示多处肺实变或胸腔积液征象。图 3 显示 1 例 70 岁女性 COVID-19 重症患者肺部病变的演变和消退的典型超声表现。该患者入住 ICU 治疗 15 d,随着影像学检查表现的改善,肺超声病理征象(间质综合征)逐步改善、LUS 值呈逐步下降趋势。转出 ICU 后进一步治疗 7 d 后患者出院。

讨 论

由于病情进展快速及缺乏针对性的特效药物,导致早期爆发阶段疫情中心区域医疗资源严重不足,重症患者的死亡率极高^[7]。随着强有力的隔离措施的实施,医疗物资的有力保障及对疾病认识的加深,各种综合治疗手段逐步发挥作用,与疾病爆发初期报道相比,本研究结果显示,疫情一线 ICU 内 COVID-19 重症患者的救治成功率显著提高,从早期 61.5%的死亡率降至 30%。然而,截至目前,COVID-19 重症患者的治疗仍然面临诸多困难^[18]。COVID-19 重症患者常合并多种并发症,精准监测和及时的对症治疗是提高救治成功率的重要保障。与 X 线比较,CT 的密度分辨率更高,因此通过 CT 影像学特征可确认临床诊断病历。然而,ICU 重症患者生命体征不稳定,常需动态观察,CT 的不可移动性也限制其在 ICU 重症患者的利用率。其次在确保此类患者得到高标准的医疗权利的同时,如何降低医护人员的职业暴露风险,减少医源性感染,同样是重要的问题。在本次突发疫情中,肺超声技术已被推荐用于 COVID-19 暴发的安全管理^[12]。肺超声首先可作为一项在床旁即时监测肺部受累程度和改善治疗效果评估的工具,其次可以减少胸

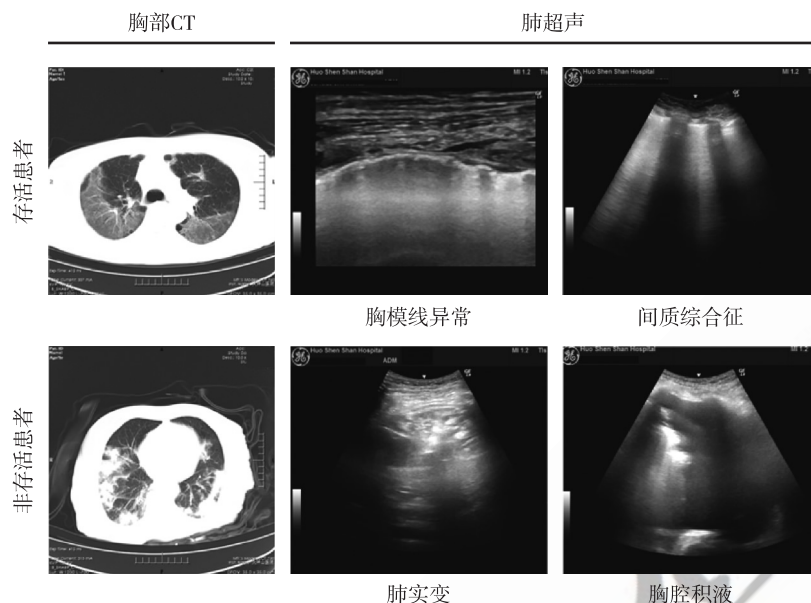


图2 COVID-19 重症患者的典型 CT 和超声征像图

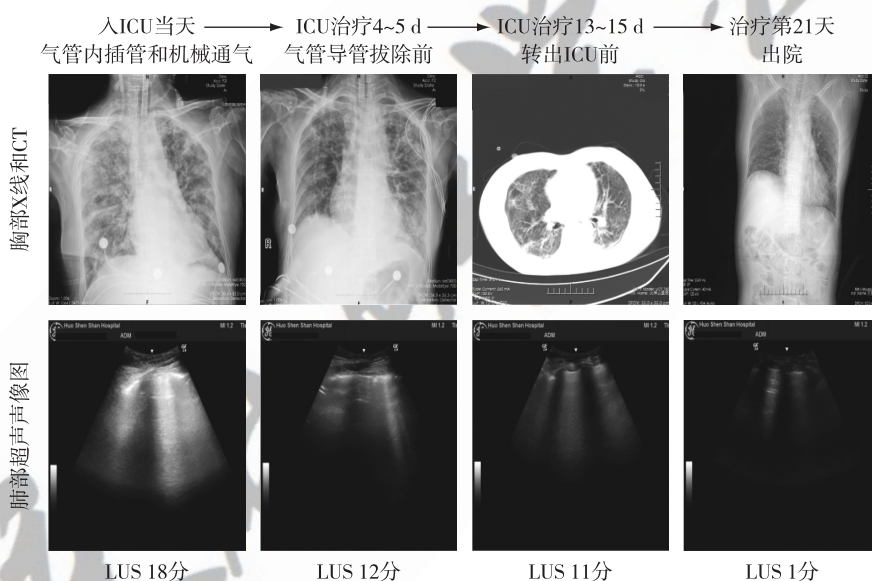


图3 COVID-19 重症患者肺部病变发展过程中肺部影像学的动态变化

部 CT 和 X 线检查的次数^[11]从而减少隔离区暴露的医疗人员的数量,降低其职业暴露风险^[12]。

麻醉科医师作为本次疫情中的重要医疗力量组成部分,在 ICU 救治中发挥了不可替代的作用。由于麻醉科日常开展超声引导下神经阻滞技术,麻醉科医师具备较好的超声学基础,经过短期培训即可熟练掌握肺超声技术,为 ICU 一线救治中肺超声检查的开展提供了有利条件。本次疫情期间,由高年资麻醉科医师于 ICU 内实施床旁肺超声评估结果显示,几乎所有的 COVID-19 重症患者于超声下都检出了肺炎的特征性病理征象,包括胸膜线异

常、间质综合征或肺实变。COVID-19 主要病理特征是弥漫性肺泡损伤和肺水肿,通常在肺部周围发现病变^[8]。肺超声可以识别浅表肺组织物理状态的变化,更适合于持续监测 COVID-19 的进展或消退。与胸部 CT 相比,床旁肺部超声具有无创、动态、可重复观察患者肺部病变的优势^[19-21]。LUS 是肺通气的半定量评估指标,可用于预测 ARDS 的发生^[22]。同时有证据显示 LUS 值与 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 比值呈负相关,与临床肺部感染评分 (CPIS) 呈正相关,这两项指标均可用于评估重症患者的肺损伤^[23]。本研究结果显示,LUS 值在评估 COVID-19 重症肺

炎患者肺部受累的严重程度时同样具有一定价值。ICU 治疗期间,存活者 LUS 12.5~13.6 分,非存活者 LUS 18.4~24.2 分,非存活者的 LUS 值高于存活者。非存活者接受 IMV 后 LUS 值由 18.4 增高至 24.2 分,提示肺部病变进一步加重。

综上所述,由麻醉科医师实施的肺超声检查在本次 COVID-19 重症患者 ICU 治疗过程中在优化患者机械通气策略,提供及时精确的疗效评估方面都发挥了积极作用。当然,作为一项回顾性研究,研究存在诸如纳入患者数量不多,平均年龄偏大,合并系统疾病较多,超声检查的时间点不完全统一等缺陷,不可避免的会产生一定的数据偏倚。后续可继续对 ICU 患者开展肺部疾病大样本队列的研究,这将有助于进一步评估肺部超声技术在肺部疾病患者预后判断中的作用。

参 考 文 献

- [1] Jiang F, Deng L, Zhang L, et al. Review of the clinical characteristics of coronavirus disease 2019 (COVID-19). *J Gen Intern Med*, 2020, 35(5): 1545-1549.
- [2] Rothan HA, Byrareddy SN. The epidemiology and pathogenesis of coronavirus disease (COVID-19) outbreak. *J Autoimmun*, 2020, 109: 102433.
- [3] Khurshid Z, Asiri F, Al Wadaani H. Human Saliva: non-invasive fluid for detecting novel coronavirus (2019-nCoV). *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17(7).
- [4] Sabino-Silva R, Jardim A, Siqueira WL. Coronavirus COVID-19 impacts to dentistry and potential salivary diagnosis. *Clin Oral Investig*, 2020, 24(4): 1619-1621.
- [5] Meng L, Qiu H, Wan L, et al. Intubation and ventilation amid the COVID-19 outbreak: wuhan's experience. *Anesthesiology*, 2020, 132(6): 1317-1332.
- [6] Chen N, Zhou M, Dong X, et al. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet*, 2020, 395(10223): 507-513.
- [7] Huang C, Wang Y, Li X, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet*, 2020, 395(10223): 497-506.
- [8] Bernheim A, Mei X, Huang M, et al. Chest CT findings in coronavirus disease-19 (COVID-19): relationship to duration of infection. *Radiology*, 2020, 295(3): 200463.
- [9] Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med*, 2012, 38(4): 577-591.
- [10] Liu J, Copetti R, Sorantin E, et al. Protocol and guidelines for point-of-care lung ultrasound in diagnosing neonatal pulmonary diseases based on international expert consensus. *J Vis Exp*, 2019, (145).
- [11] Soldati G, Smargiassi A, Inchingolo R, et al. Is there a role for lung ultrasound during the COVID-19 pandemic? *J Ultrasound Med*, 2020.
- [12] Buonsenso D, Pata D, Chiaretti A. COVID-19 outbreak: less stethoscope, more ultrasound. *Lancet Respir Med*, 2020, 8(5): e27.
- [13] Domínguez-Cherit G, Lapinsky SE, Macias AE, et al. Critically ill patients with 2009 influenza A(H1N1) in Mexico. *JAMA*, 2009, 302(17): 1880-1887.
- [14] Fowler RA, Lapinsky SE, Hallett D, et al. Critically ill patients with severe acute respiratory syndrome. *JAMA*, 2003, 290(3): 367-373.
- [15] Rouby JJ, Arbelot C, Gao Y, et al. Training for lung ultrasound score measurement in critically ill patients. *Am J Respir Crit Care Med*, 2018.
- [16] Lichtenstein DA. BLUE-protocol and FALLS-protocol: two applications of lung ultrasound in the critically ill. *Chest*, 2015, 147(6): 1659-1670.
- [17] Caltabeloti F, Monsel A, Arbelot C, et al. Early fluid loading in acute respiratory distress syndrome with septic shock deteriorates lung aeration without impairing arterial oxygenation: a lung ultrasound observational study. *Crit Care*, 2014, 18(3): R91.
- [18] Yang X, Yu Y, Xu J, et al. Clinical course and outcomes of critically ill patients with SARS-CoV-2 pneumonia in Wuhan, China: a single-centered, retrospective, observational study. *Lancet Respir Med*, 2020, 8(5): 475-481.
- [19] Staub LJ, Mazzali Biscaro RR, Kaszubowski E, et al. Lung ultrasound for the emergency diagnosis of pneumonia, acute heart failure, and exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease/asthma in adults: a systematic review and meta-analysis. *J Emerg Med*, 2019, 56(1): 53-69.
- [20] Chavez MA, Shams N, Ellington LE, et al. Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in adults: a systematic review and meta-analysis. *Respir Res*, 2014, 15: 50.
- [21] Long L, Zhao HT, Zhang ZY, et al. Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in adults: a meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96(3): e5713.
- [22] Leblanc D, Bouvet C, Degiovanni F, et al. Early lung ultrasonography predicts the occurrence of acute respiratory distress syndrome in blunt trauma patients. *Intensive Care Med*, 2014, 40(10): 1468-1474.
- [23] Bouhemad B, Brisson H, Le-Guen M, et al. Bedside ultrasound assessment of positive end-expiratory pressure-induced lung recruitment. *Am J Respir Crit Care Med*, 2011, 183(3): 341-347.

(收稿日期:2020-05-09)