

在 ICU 进行肺部超声的培训方法探索和效果评价

吕杰 吕珊 郭晓夏 赵慧颖 安友仲

北京大学人民医院 ICU, 北京 100044

通信作者: 安友仲, Email: bjicu@163.com

【摘要】目的 评价“1+6”肺部超声培训模式的可行性及效果。**方法** 以肺部超声评分系统为培训内容, 选取 2017 年 12 月至 2019 年 3 月能在北京大学人民医院重症监护病房(ICU)学习至少 3 个月的学员作为研究对象, 其中本科室医师 7 名, 轮转研究生 3 名, 进修医师 5 名, 1 名因个人原因中途退出培训, 最终 14 名完成教学计划纳入本研究。所有学员均进行 1 次深度理论讲解+6 次(实践+阶段性评估)的循环评估培训模式。通过比较老师和学员进行肺部超声检查时病变判别的一致性、操作时间的差异, 评估学员对肺部超声检查掌握的准确性和熟练程度, 了解肺部超声检查的难点和培训周期等。**结果** 除去评分为 2 分的病变因病例数太少最终没有达到 Kappa 值大于 0.6 的目标(Kappa 值为 0), 其余病变判读在所有参加培训的学员中, 到第 6 次操作时与教师的判读准确性均达到基本一致(Kappa 值分别为 0.93、0.62、0.93)。所有学员肺部超声评分总分均在最后 1 次操作时与老师的评分基本一致, Kappa 值为 0.8。在培训结束时, 所有学员检查用时与老师基本接近; 所有学员的培训周期均少于 3 个月。**结论** 通过肺部超声评分系统的设计, 以及“1 次深度理论讲解+6 次(实践+阶段性评估)”的循环评估培训后, 可较明显地减少超声检查的主观误差, 缩短肺部超声检查培训的周期。

【关键词】 肺部超声评分; 超声培训; Kappa 曲线

基金项目:北京市重大疫情防控重点专科项目(2021-135);北京大学人民医院青年培育基金(RDY2017-15)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2022.02.020

Exploration of training methods and effect evaluation of pulmonary ultrasound in intensive care unit

Lyu Jie, Lyu Shan, Guo Xiaoxia, Zhao Huiying, An Youzhong

Department of Critical Care Medicine, Peking University People's Hospital, Beijing 100044, China

Corresponding author: An Youzhong, Email: bjicu@163.com

【Abstract】Objective To evaluate the feasibility and effect of "1+6" pulmonary ultrasound training mode. **Methods** Taking the lung ultrasound scoring system as the training content, the students who could study in the intensive care unit (ICU) of Peking University People's Hospital at least 3 months from December 2017 to March 2019 were selected as the research objects, including 7 doctors in this department, 3 rotating postgraduates and 5 refresher doctors; one withdrew from the training due to personal reasons, and finally 14 were included in this study and completed the teaching plan. All the trainees would have one in-depth theoretical explanation+6×(practice+periodic evaluation) training mode of circular evaluation. By comparing the consistency of lesion discrimination and the difference in operation time between teachers and students in pulmonary ultrasound examination, the accuracy and proficiency of students in pulmonary ultrasound examination were evaluated, and the difficulties and training cycle during pulmonary ultrasound examination were understood. **Results** Except the number of lesions with a score of 2 being too small, finally that did not reach the goal of Kappa value greater than 0.6 (Kappa value was 0); the trainees' interpretation accuracy of other lesions was basically the same as that of the teacher's at the 6 operation (Kappa value scores were 0.93, 0.62 and 0.93). The total score of lung ultrasound examination of all students was basically consistent with the teacher's score at the last operation, and the Kappa value was 0.8. At the end of the training, the inspection time of all trainees is basically close to that of the teacher; the training period of all trainees is less than 3 months. **Conclusion** Through the design of pulmonary ultrasound scoring system and after the circular evaluation training of "one-time depth theory explanation+6×(practice+phased assessment)", the training can significantly reduce the subjective error of ultrasound examination and shorten the training cycle of lung ultrasound examination.

【Key words】 Lung ultrasound evaluating score; Ultrasound training; Kappa curve

Fund program: Key Specialized Projects for Major Epidemic Prevention and Control in Beijing (2021-135); Youth Cultivation Fund of Peking University People's Hospital (RDY2017-15)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2022.02.020

对于重症医学科的危重患者来说, 各种各样的肺部疾患最为常见, 有原发的, 也有因其他器官疾患并发的; 而无论是原发的还是继发的肺部疾病都严重影响重症医学科危重患者的预后^[1]。目前可用于肺部疾病的影像学诊断技术并不多, 尤其是针对

危重患者的胸部影像学检查就更少, 往往只有床旁胸部 X 线和肺部 CT 检查。而床旁胸部 X 线存在病变重叠, 可增加医护人员辐射量等诸多缺陷; 再者患者病情危重, 外出行 CT 检查又非常困难。肺部超声检查是通过超声扫查时的影像与肺部 CT 及肺

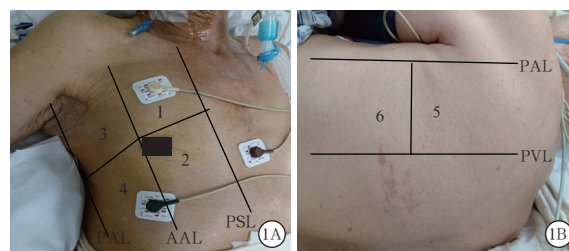
部病理学诊断比较,逐渐形成超声下肺部影像的诊断依据^[2-3]。与 X 线等放射性检查比较,肺部超声检查存在能及时到位、病变反映更加清楚、没有放射性等优点。但由于超声检查存在明显的主观性,无论是肺部超声,还是其他部位的超声检查技术,能建立合理而且高效的培训方法非常重要。以肺部超声检查为例,既往有学者报道,肺部超声检查培训周期至少需要 6~7 个月^[4],由此大大增加了临床医生的培训难度;同时,如此长的培训周期也让很多希望掌握该项技术的住院医师或进修医师望而却步。因此,本研究设计了一种新的培训模式,以肺部超声评分检查培训为试点,以期能提高重症医学科中肺部超声评分检查的学习质量和效果。

1 资料与方法

1.1 研究对象:选择肺部超声初学者 15 名。初学者应有至少有 3 个月的学习时间,且从未接触过肺部超声检查。

1.2 培训过程:①所有初学者先接受约 2 h 的理论课讲解^[5],包括幻灯及视频。每位初学者在授课后复制讲解幻灯并进行课后学习;②授课完成后,每位初学者将接受老师的第 1 次评估:即选择 1 例患者,在胸壁按照图 1 所示划定的 12 个区域检查范围,初学者和老师先后检查患者并记录各自的评分及描述;③完成第 1 次评估后,初学者在老师指导下开始肺部超声检查,每检查 5 例患者即再次进行评估。以此类推,当完成 6 次评估(即在老师指导下共完成 25 例患者)时,该教学过程结束(6 次评估包括第 1 次的摸底评估和在指导过程中的 5 次评估;图 2)。

1.3 统计学分析:使用 SPSS 20.0 Kappa 软件进行分析,通过每次的 Kappa 值形成一致性曲线,以反映初学者和老师对同一患者肺部超声检查评分及描述的一致性情况(通常认为 Kappa 值 > 0.6 表明老师和学员的水平基本相同);采用 *t* 检验比较初学者与老师操作时间的差距。



注: PAL 为腋后线; AAL 为腋前线; PSL 为胸骨旁线; PVL 为椎旁线

图 1 肺部超声检查胸部(A)和背部(B)的分区示意图

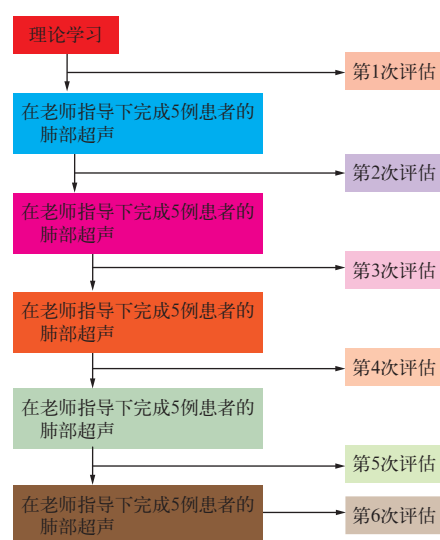


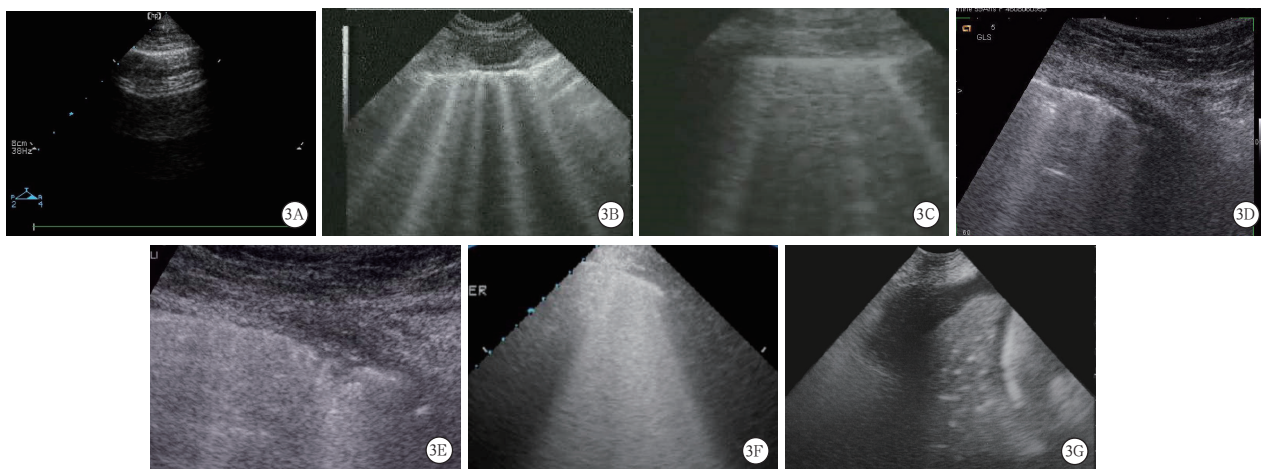
图 2 肺部超声培训流程图

2 结果

2.1 一般情况(表 1; 图 3):从 2017 年 12 月至 2019 年 3 月,根据学员的选择标准,共选取 15 名学员应用新培训模式进行了肺部超声评分检查教学,其中本科室医师 7 名,轮转研究生 3 名,进修医师 5 名。1 名因个人原因中途退出培训,故有 14 名医务人员最终完成教学计划。受学员时间及重症监护病房(intensive care unit, ICU)患者情况的影响,其培训时间 31~70 d,平均(57.50±10.49)d。根据肺部超声评分系统的内容对学员进行统一讲解^[6]。

表 1 肺部超声评分检查系统的内容

可能存在的病变	评分(分)	超声所见	注解	图示
正常肺部	0 分	胸膜线滑动及等距离的 A 线, 偶可见不超过 3 条 B 线		图 3A
心源性肺间质水肿	1 分,描述为 R	起自胸膜线的近似等间距 B 线	R 代表起自胸膜线的等距离 B 线	图 3B
肺间质炎症	1 分,描述为 IR	起自胸膜线的不等间距 B 线。	IR 代表起自胸膜线的不等距离 B 线	图 3C
局限的支气管肺炎	1 分,描述为 P	起自胸膜线下实变的 B 线(不超过 1/2 肋间)	P 代表起自胸膜线下实变的 B 线	图 3D
	2 分,描述为 P	起自胸膜线下实变的 B 线(超过 1/2 肋间)	P 代表起自胸膜线下实变的 B 线	图 3E
弥漫的肺泡和间质水肿	2 分,描述为 D	起自胸膜线的充满整个肋间隙的融合 B 线	D 代表起自胸膜线的充满整个肋间隙的融合 B 线	图 3F
肺实变	3 分	内含点状强回声的肺实质		图 3G



注: A 为正常肺部; B 为心源性肺间质水肿; C 为肺间质炎症; D 为局限的支气管肺炎评分 1 分; E 为局限的支气管肺炎评分 2 分; F 为弥漫的肺泡和间质水肿, G 为肺实变

图 3 肺部超声评分检查系统图示

2.2 肺部超声检查评分的掌握程度: 根据流程进行肺部超声评分检查的培训过程[1 次深度理论讲解+6 次(实践+阶段性评估)的循环评估培训],就学员做出的评分与老师的分进行比较,通过 Kappa 曲线反映学员对肺部超声检查评分的掌握程度。

2.2.1 对肺部病变总体评分的掌握程度(图 4): 通过分析每位学员与老师进行肺部超声检查评分的一致性,得出每位学员的 Kappa 值;再通过逐次培训和评估,每位学员的检查水平逐渐提高,虽然有一定波动,但与老师的一致性(即 Kappa 值)也逐渐提高,到第 6 次评估时基本达到 Kappa 值 >0.6 ($0.63 \sim 1$),即已达到与老师基本相同的水平,取均值后可以看到 14 名学员总体学习过程的 Kappa 曲线变化。

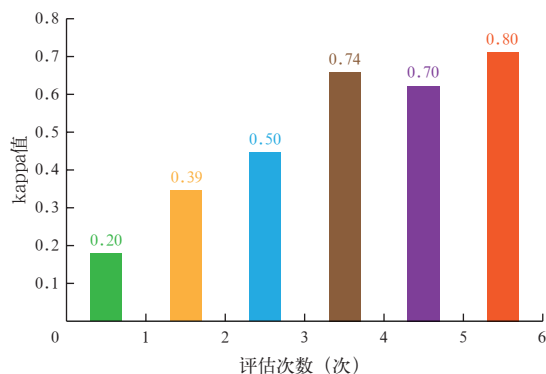


图 4 学员与老师肺部超声评分一致性的学员平均 Kappa 值变化

2.2.2 对各个病变评分的掌握程度: 分别抽取在每次老师对学员的评估中,学员对不同病变的判断与老师的一致性情况(即分别评价每次老师在检查过程中判断为 0、1、2、3 分时,学员对相应分值的判断与老师的一致性情况),计算 Kappa 值,从而可以反

映出每位学员对病变检查的掌握程度。

2.2.2.1 对正常肺部特征评价的掌握程度(图 5): 在每次老师对学生的评估中,对比老师检查为正常肺部特征时(即评分为 0 分时)学员与老师的一致性情况,通过 Kappa 曲线反映学员对正常肺部检查的掌握程度。从图 5 中可以看出,通过不断学习和评估,学员对正常肺部特征的检查掌握良好,在第 2 次老师对学员评估时就已达到目标 Kappa 值 (>0.6)。

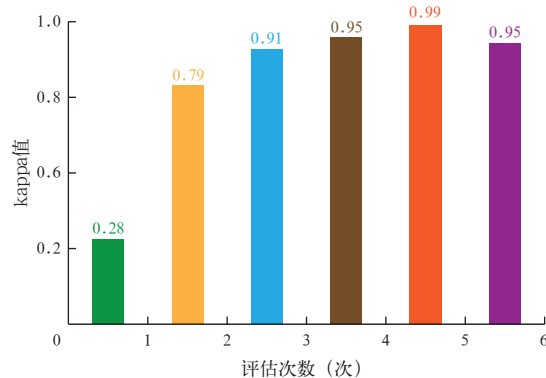


图 5 学员与老师对正常肺部特征评价一致性的 Kappa 值变化

2.2.2.2 对评分为 1 分肺部病变检查的掌握程度(图 6): 在每次老师对学生的评估中,对比老师检查为间质病变、心源性肺水肿等肺部超声评分 1 分的病变时,评价学员与老师结果的一致性情况,通过 Kappa 值反映学员对此类病变的掌握程度。从图 6 中可以看出,通过不断学习和评估,学员对此类病变的检查能逐渐掌握,但明显比对正常肺部的判别要困难,在第 6 次时老师对学员的评估才基本达到目标 Kappa 值 (>0.6)。

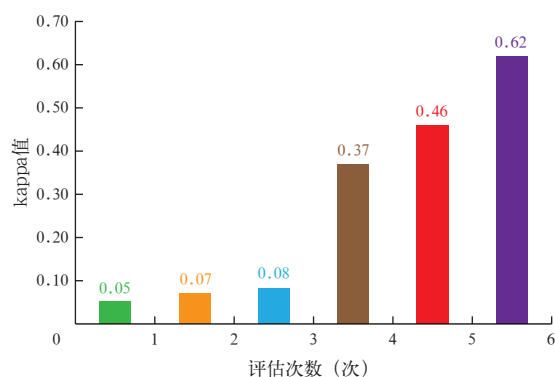


图6 学员与老师对肺部超声评分为1分病变一致性的 Kappa 值变化

2.2.2.3 对评分为2分肺部病变检查的掌握程度：在每次老师对学生的评估中，对比老师检查为较重的间质病变、弥漫性肺泡间质水肿等肺部超声评分为2分的病变时，评价学员与老师结果的一致性情况，通过 Kappa 值反映学员对此类病变的掌握程度。由于评估时选取的患者在进行肺部超声检查时出现评分2的病变频率较低，因此，无法很好地评价学员对此类病变判别的掌握程度。从仅有的第1次和第5次评估时学员的表现(Kappa值分别为0.03和0.40)可以看出，对此类病变的正确判断难度较大，但随着学员实践次数的增多，其正确判别的能力也是有所提高的。

2.2.2.4 对评分为3分肺部病变检查的掌握程度(图7)：在每次老师对学生的评估中，对比老师检查肺实变时，评价学员与老师结果的一致性情况，通过 Kappa 值反映学员对此类病变的掌握程度。从图7可以看出，与对正常肺部检查的掌握程度类似，通过学习和评估，学员对肺实变的判别相对是容易的，在第2次老师对学员评估时就已达到目标 Kappa 值(>0.6)。

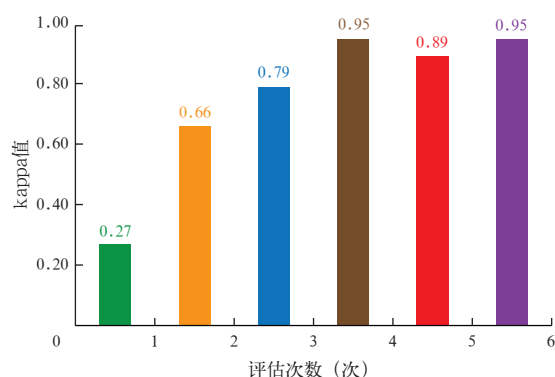


图7 学员与老师对肺部超声评分为3分病变一致性的 Kappa 值变化

2.2.3 老师与学员检查时间的比较(表2)：每次评估老师的检查时间基本稳定，而学员的检查时间随着操作熟练以及对病变判别自信心的逐渐增加缩短，虽然检查用时在培训结束时仍较老师明显延长，差异均有统计学意义(均 $P<0.01$)，但到最后1~2次评估时与老师的检查时间已经逐渐接近。

表2 老师与学员检查时间的比较($\bar{x} \pm s$)

参与评分人员	人数(名)	第1次(mim)	第2次(mim)	第3次(mim)
老师	4	9.43 ± 0.94	10.43 ± 2.28	9.50 ± 2.14
学生	14	24.57 ± 6.03 ^a	19.07 ± 4.55 ^a	16.07 ± 3.67 ^a
参与评分人员	人数(名)	第4次(mim)	第5次(mim)	第6次(mim)
老师	4	9.29 ± 1.27	8.93 ± 1.59	9.42 ± 1.02
学生	14	15.21 ± 2.33 ^a	13.50 ± 3.18 ^a	11.64 ± 1.78 ^a

注：与老师比较，^a $P<0.05$

3 讨论

3.1 肺部超声评分检查可以全面反映ICU危重症患者肺部病变的情况，具有较好地指导临床诊疗的价值：对于ICU的危重患者来说，各种各样的肺部疾患最为常见，其发生原因也较多，如感染性休克、严重创伤等导致的急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)^[7]、呼吸机相关性肺炎(ventilator-associated pneumonia, VAP)、心源性肺水肿^[8]、严重感染^[9]、气胸等。而无论是原发的还是继发的肺部疾病均可能导致患者长期机械通气，难以脱机^[10-12]，进而肺部病变继续加重的恶性循环怪圈，严重影响ICU危重患者的预后。目前可用于肺部疾病的影像学诊断技术并不多，尤其是针对危重患者的胸部影像学检查就更少，往往只有床旁胸部X线和肺部CT检查。由于ICU患者病情危重，外出行CT检查的风险极大，从而不能及时反映肺部病变的进展。所以，目前国内ICU中常用的肺部疾病影像学检查仍主要依靠床旁胸部X线检查，而床旁胸部X线检查存在较多的问题，主要包括：①仰卧位投照，投照时机很难把握，可能掩盖病变部位；②肺部病变重叠，很难反映局部病变情况；③危重患者病情变化较快，很难做到即时检查；④反复检查增加科室辐射剂量，影响患者及医务人员身体健康。近10年来，超声检查技术在ICU中应用迅速发展，从开始的B超引导下深静脉及腹腔积液的穿刺引流，到后来的腹部、心脏超声诊断以及肺部超声检查的应用。而肺部超声检查已经逐渐成熟并成为国外ICU的重要诊疗手段之一^[13]。肺

部超声检查是通过超声检查时的影像与肺部 CT 及肺部病理诊断对比,逐渐形成超声下肺部影像的诊断依据。到目前为止,文献已经报道,超声检查对许多肺部病变的诊断有很好的效果,对于指导各种针对肺部病变的治疗,评价诊疗效果,评估机械通气患者通气条件,与膈肌及心脏超声完整评估指导脱机拔管等方面均有非常好的应用价值^[14];而肺部超声检查模式多种,如在急诊患者中比较适用的快速扫查可检出有无气胸^[15]。在 ICU 中,由于大部分患者已经过了初始抢救阶段,而进入高级生命支持的治疗阶段,肺部病变需要进行详细评估从而指导治疗^[16]。故本研究根据患者肺部疾病的特点和严重程度,总结出肺部超声评分系统,该系统通过对双肺共 12 个区域(左右各 6 个区域)的超声扫查,通过影像学特征对每个扫查区域进行评分和诊断,最终计算 12 个区域的总分值,既能准确地反映肺部病变的严重程度,又能反映各个扫查区域的病变特点;同时最大限度克服超声检查主观性的致命缺陷,使得大多数 ICU 医生希望能掌握该项检查技术^[17]。

3.2 应用本研究所介绍的培训流程可以使学员快速掌握肺部超声检查技术:重症超声在我国 ICU 中还尚未完全普及,肺部超声检查在国内重症医学科中的应用仍处于起步阶段,大多数医生还没有系统掌握肺部超声检查技术;而肺部超声是重症超声中较为简单易学的一部分。有关超声培训报道显示:由于超声检查的主观性和复杂性,不同部位的超声培训所需的时间不同,但大部分均需要 7 个月以上^[18]。本研究设计了“1 次深度理论讲解+6 次(实践+阶段性评估)”的循环评估培训模式,旨在希望通过较短时间使学员与老师达到同样的肺部超声检查水平。通过老师和学员多次评估时肺部检查评分判别比较得到的 Kappa 值可以看出:① 每位学员均能在培训结束时达到与老师相同的肺部超声检查水平(即 Kappa 值>0.6);② 对于不同病变的评估,判别的难度各不相同,通过对 Kappa 曲线的分析可以看到,对于正常肺部特征的判读和肺实变特征的判读是相对容易的,学员掌握的速度很快,基本上在前几次循环培训中即可达到目标;而对于肺部超声评分为 1 分或 2 分病变的判别困难较大,对于评分为 1 分的肺间质病变、心源性肺水肿等病变,学员基本上能到第 5~6 次评估时达标,而对于评分为 2 分的弥漫性肺泡间质病变等,由于选取的危重患者出现此类病变的频

率太低,最终无法评价学员对此类病变的掌握程度,但也从侧面反映出此类病变的判别难度最大;③ 在培训过程,学员随着操作逐渐熟练以及对病变判别自信心的建立,检查时间渐渐缩短,在最后几次老师对学员的评估时,检查时间基本上与老师接近。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Lichtenstein DA, Mezière G, Lascols N, et al. Ultrasound diagnosis of occult pneumothorax [J]. Crit Care Med, 2005, 33 (6): 1231-1238. DOI: 10.1097/01.ccm.0000164542.86954.b4.
- [2] Bouhemad B, Liu ZH, Arbelot C, et al. Ultrasound assessment of antibiotic-induced pulmonary reabsorption in ventilator-associated pneumonia [J]. Crit Care Med, 2010, 38 (1): 84-92. DOI: 10.1097/CCM.0b013e3181b08cd8.
- [3] 张磊,俞万钧,周成杰,等.肺部超声评估急性呼吸窘迫综合征患者血管外肺水及预后的临床应用价值[J].中华危重病急救医学, 2020, 32 (5): 585-589. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200102-00088.
- [4] Bouhemad B, Zhang M, Lu Q, et al. Clinical review: bedside lung ultrasound in critical care practice [J]. Crit Care, 2007, 11 (1): 205. DOI: 10.1186/cc5668.
- [5] 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.
- [6] 吕杰,吕珊,郭晓夏,等.肺部超声指导危重症患者肺部病变诊疗的效果评价[J].中国中西医结合急救杂志, 2021, 28 (3): 324-328. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2021.03.016.
- [7] 谢永鹏,钱颖,刘克喜,等. ARDS 患者机械功与肺部超声评分的相关性以及二者对预后的评估价值[J].中华危重病急救医学, 2019, 31 (6): 704-708. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.06.009.
- [8] Merenkov VV, Kovalev AN, Gorbunov VV. Bedside lung ultrasound: a case of neurogenic pulmonary edema [J]. Neurocrit Care, 2013, 18 (3): 391-394. DOI: 10.1007/s12028-013-9828-z.
- [9] Busti C, Agnelli G, Duranti M, et al. Lung ultrasound in the diagnosis of stroke-associated pneumonia [J]. Intern Emerg Med, 2014, 9 (2): 173-178. DOI: 10.1007/s11739-012-0832-7.
- [10] Soummer A, Perbet S, Brisson H, et al. Ultrasound assessment of lung aeration loss during a successful weaning trial predicts postextubation distress [J]. Crit Care Med, 2012, 40 (7): 2064-2072. DOI: 10.1097/CCM.0b013e31824e68ae.
- [11] Berger D, Bloechlinger S, von Haehling S, et al. Dysfunction of respiratory muscles in critically ill patients on the intensive care unit [J]. J Cachexia Sarcopenia Muscle, 2016, 7 (4): 403-412. DOI: 10.1002/jcsm.12108.
- [12] Campbell SJ, Bechara R, Islam S. Point-of-care ultrasound in the intensive care unit [J]. Clin Chest Med, 2018, 39 (1): 79-97. DOI: 10.1016/j.ccm.2017.11.005.
- [13] Razazi K, Thille AW, Carteaux G, et al. Effects of pleural effusion drainage on oxygenation, respiratory mechanics, and hemodynamics in mechanically ventilated patients [J]. Ann Am Thorac Soc, 2014, 11 (7): 1018-1024. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201404-1520C.
- [14] Pérez-Calatayud AA, Carrillo-Esper R, Arch-Tirado E. Quantitative evaluation proposal of a ultrasonographic protocol for weaning from mechanical ventilation [J]. Gac Med Mex, 2016, 152 (3): 304-312.
- [15] Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol [J]. Chest, 2008, 134 (1): 117-125. DOI: 10.1378/chest.07-2800.
- [16] Mayo P, Volpicelli G, Lerolle N, et al. Ultrasonography evaluation during the weaning process: the heart, the diaphragm, the pleura and the lung [J]. Intensive Care Med, 2016, 42 (7): 1107-1117. DOI: 10.1007/s00134-016-4245-3.
- [17] Mongodi S, Via G, Bouhemad B, et al. Usefulness of combined bedside lung ultrasound and echocardiography to assess weaning failure from mechanical ventilation: a suggestive case [J]. Crit Care Med, 2013, 41 (8): e182-185. DOI: 10.1097/CCM.0b013e31828e928d.
- [18] Via G, Storti E, Gulati G, et al. Lung ultrasound in the ICU: from diagnostic instrument to respiratory monitoring tool [J]. Minerva Anestesiol, 2012, 78 (11): 1282-1296.

(收稿日期: 2021-08-31)