

## Modifying lung ultrasound score for evaluation on severity of acute respiratory distress syndrome

YAN Yaru<sup>1,2</sup>, ZHAO Haotian<sup>3</sup>, LIU Yi<sup>3</sup>, LONG Ling<sup>4</sup>, ZHAO Heling<sup>4</sup>, YANG Chunyan<sup>1\*</sup>

(1. Department of Ultrasound, Shijiazhuang People's Hospital, Shijiazhuang 050051, China; 2. Graduate School of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050017, China; 3. Department of Ultrasound, 4. Department of Intensive Care Unit, Hebei General Hospital, Shijiazhuang 050051, China)

**[Abstract]** **Objective** To propose a modified lung ultrasound score (LUS), and to observe its value for evaluation on severity of acute respiratory distress syndrome (ARDS). **Methods** Data of lung ultrasound, chest X-ray and so on in 33 sudden ARDS patients were retrospectively analyzed. The patients were divided into moderate-severe group ( $n=16$ ) and mild group ( $n=17$ ) according to oxygenation index (OI). The outcomes of LUS, modified LUS and radiographic assessment of lung edema (RALE) score were compared between groups. Receiver operating characteristic (ROC) curves were drawn, the area under the curves (AUC) were calculated to evaluate the efficacy of various image scores for evaluating the severity of ARDS. Pearson correlation analysis was performed to explore the correlations of various image scores with OI, of RALE score with LUS and modified LUS in ARDS patients. **Results** LUS and modified LUS in moderate-severe group were both higher than those in mild group (both  $P<0.05$ ). No significant difference of RALE score was found between groups ( $P>0.05$ ). AUC of LUS, modified LUS and RALE score for evaluating the severity of ARDS was 0.809, 0.853 and 0.640, respectively. LUS and modified LUS in ARDS patients were moderately negatively correlated with OI ( $r=-0.570$ ,  $P=0.001$ ;  $r=-0.708$ ,  $P<0.001$ ), while no obvious correlation of RALE score and OI was found ( $r=-0.229$ ,  $P=0.201$ ). RALE score of ARDS patients was moderately positively correlated with both LUS and modified LUS ( $r=0.588$ ,  $P<0.001$ ;  $r=0.502$ ,  $P=0.003$ ). **Conclusion** The above mentioned modified LUS could effectively evaluate severity of ARDS, with better efficacy than LUS and RALE score.

**[Keywords]** respiratory distress syndrome; ultrasonography; radiography, thoracic; oxygenation index

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2024.05.023

## 改良肺超声评分用于评估急性呼吸窘迫综合征严重程度

燕亚茹<sup>1,2</sup>, 赵浩天<sup>3</sup>, 刘奕<sup>3</sup>, 龙玲<sup>4</sup>, 赵鹤龄<sup>4</sup>, 杨春燕<sup>1\*</sup>

(1. 石家庄市人民医院超声科, 河北 石家庄 050051; 2. 河北医科大学研究生学院, 河北 石家庄 050017; 3. 河北省人民医院超声科, 4. 重症医学科, 河北 石家庄 050051)

**[摘要]** **目的** 提出改良肺超声评分(LUS), 观察其用于评估急性呼吸窘迫综合征(ARDS)严重程度的价值。方法 回顾性分析33例突发ARDS患者肺超声及X线胸片等资料, 根据氧合指数(OI)将患者归入中-重度组( $n=16$ )及轻度组( $n=17$ ); 比较组间LUS、改良LUS及肺水肿放射学(RALE)评分; 绘制受试者工作特征(ROC)曲线, 计算曲线下面积(AUC), 分析影像学评分评估ARDS严重程度的效能; 以Pearson相关分析观察ARDS患者影像学评分与OI的相关性, 以及RALE评分与LUS及改良LUS的相关性。**结果** 中-重度组LUS及改良LUS均高于轻度组( $P$ 均 $<0.05$ ); RALE

**[基金项目]** 河北省医学科学研究课题计划项目(20211264, 20211228)。

**[第一作者]** 燕亚茹(1990—), 女, 河北石家庄人, 在读博士, 主治医师。研究方向: 急危重症心肺超声诊断学。E-mail: loveyanyaru@163.com

**[通信作者]** 杨春燕, 石家庄市人民医院超声科, 050051。E-mail: chunyanck@126.com

**[收稿日期]** 2023-11-24 **[修回日期]** 2024-01-06

评分组间差异无统计学意义( $P>0.05$ )。以 LUS、改良 LUS 及 RALE 评分评估 ARDS 严重程度的 AUC 分别为 0.809、0.853 及 0.640。ARDS 患者 LUS 及改良 LUS 均与 OI 呈中度负相关( $r=-0.570, P=0.001; r=-0.708, P<0.001$ )，而 RALE 评分与 OI 无明显相关( $r=-0.229, P=0.201$ )。ARDS 患者 RALE 评分与 LUS 及改良 LUS 均呈中度正相关( $r=0.588, P<0.001; r=0.502, P=0.003$ )。**结论** 本研究提出的改良 LUS 可有效评估 ARDS 严重程度，且其效能优于 LUS 及 RALE 评分。

[关键词] 呼吸窘迫综合征；超声检查；放射摄影术，胸部；氧合指数

[中图分类号] R563.8；R445.1 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2024)05-0740-05

急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)是以肺毛细血管弥漫性损伤为病理特征、临床主要表现为进行性呼吸窘迫及难治性低氧血症的急性呼吸衰竭综合征，起病急、进展快、死亡率高<sup>[1-2]</sup>。依据氧合指数(oxygenation index, OI)评估 ARDS 严重程度有助于指导治疗决策及改善预后<sup>[3-4]</sup>；影像学则常以肺超声评分(lung ultrasound score, LUS)及肺水肿放射学(radiographic assessment of lung edema, RALE)评分加以评估<sup>[5-6]</sup>。本研究通过对比 ARDS 患者 LUS 及 RALE 评分，观察改良 LUS 评估 ARDS 严重程度的价值。

## 1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性分析 2021 年 12 月—2023 年 7 月河北省人民医院收治的 33 例突发 ARDS 患者，男 23 例、女 10 例，年龄 32~99 岁、平均(72.3±15.7)岁；均符合 ARDS 柏林标准<sup>[7]</sup>，间隔<24 h 接受肺超声及胸部 X 线摄片检查；根据 OI 将患者分为中-重度组(OI<200 mmHg)及轻度组(OI≥200 mmHg 且<300 mmHg)：中-重度组 16 例，男 11 例、女 5 例，年龄 32~99 岁、平均(68.9±17.0)岁；轻度组 17 例，男 12 例、女 5 例，年龄 47~95

岁、平均(75.5±14.2)岁。排除标准：①合并肺间质纤维化、气胸、皮下气肿、心力衰竭或无法排除心源性肺水肿；②既往肺部手术史。本研究经院伦理委员会批准[(2020)科研伦审第(265)号]；检查前患者或家属均知情同意。

## 1.2 仪器与方法

1.2.1 肺超声检查 采用床旁 Philips CX50 或 GE Vivid IQ 超声诊断仪、频率 1~5 MHz 的凸阵探头，关闭谐波成像及空间复合成像后处理功能。由 1 名具有 5 年以上肺超声诊断经验的主治医师经胸壁扫查肺组织，根据胸骨旁线、腋前线及腋后线划分双侧前胸壁、侧胸壁及背部，再以乳头水平连线将其分为上、下区，共 12 个区域。LUS：根据肺部超声征象计算 12 个分区最高分之总和，记为总 LUS。见表 1。改良 LUS：评估各分区肺超声征象及其占比，仅存在 1 种征象时直接计分，存在 2 种及以上征象则计算各征象 LUS 分数与其估测占比的乘积，经求和获得 12 个分区的总改良 LUS。见图 1。

表 1 单一分区 LUS 及肺超声征象及判断估测占比标准

肺超声征象	LUS(分)	范围	估测占比
A 线或≤2 条 B 线	0	局限于单个肋间	25%
≥3 条离散型 B 线	1	跨越 2 个或以上肋间、约占 50%	50%
融合型 B 线	2	超过 50%但未累及全分区	75%
肺实变伴/不伴胸腔积液	3	累及全分区	100%

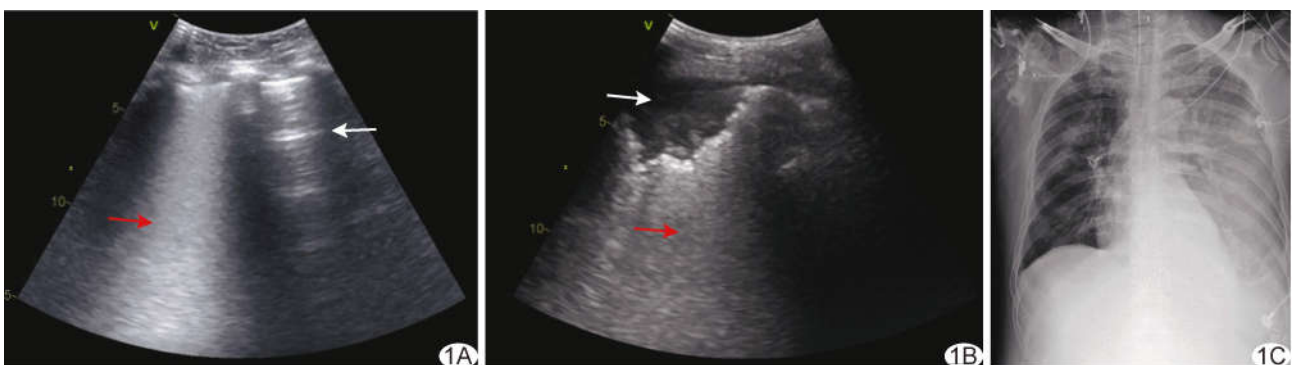


图 1 患者男，81 岁，轻度 ARDS A. 肺声像图示单个肺区内同时存在 A 线(白箭)及融合型 B 线(红箭)，估测占比均为 50%，LUS 为 2、改良 LUS 为 1；B. 肺声像图示单个肺区同时存在肺实变(白箭)及融合型 B 线(红箭)，估测占比均为 50%，LUS 为 3，改良 LUS 为 2.5；C. 床旁胸片示 RALE 评分为 25

1.2.2 X线胸片 采用 Siemens mobilett mira max 移动式 X 线机摄床旁胸片,管电压 50~100 kV,管电流 10~250 mA。由 1 名具有 5 年以上工作经验的放射科医师阅片,以左主支气管水平为横轴、脊柱为纵轴将胸野分为 4 个分区,分别对浸润程度及密度进行评分,并以二者乘积记为分区评分,求和获得总 RALE 评分<sup>[8-9]</sup>。见表 2。

表 2 单一分区肺泡浸润程度及密度评分标准

肺泡浸润影占比	浸润程度评分	肺泡浸润密度	密度评分
0	0	轻度	1
<25%	1	中度	2
25%~50%	2	致密	3
51%~75%	3	—	—
>75%	4	—	—

1.3 观察指标 记录辅助通气模式、是否转入加强监护病房(intensive care unit, ICU)、是否使用血管活性药物、有无休克、呼吸频率、心率、血压、氧饱和度、动脉血乳酸值及 C 反应蛋白(C reactive protein, CRP)。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 21.0 统计分析软件。以  $\bar{x} \pm s$  表示符合正态分布的计量资料,行 *t* 检验;以中位数(上下四分位数)表示不符合者,行 Mann-Whitney U 检验。以  $\chi^2$  检验比较计数资料。绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线,计算曲线下面积(area under the curve, AUC),分析各影像学评分评估 ARDS 严重程度的效能。以 Pearson 相关分析观察 ARDS 患者各影像学评分与 OI 的相关性及 RALE 评分与 LUS、改良 LUS 的

相关性,  $|r| \geq 0.8$  为高度相关,  $0.5 \leq |r| < 0.8$  为中度相关,  $0.3 \leq |r| < 0.5$  为低度相关,  $0 < |r| < 0.3$  为弱相关。  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 一般资料比较 组间辅助通气模式、是否转入 ICU、呼吸频率、收缩压及氧饱和度差异均有统计学意义( $P$  均  $< 0.05$ ),其余差异均无统计学意义( $P$  均  $> 0.05$ )。见表 3。

2.2 影像学评分比较 中-重度组 LUS 及改良 LUS 均高于轻度组( $P$  均  $< 0.05$ );2 组 RALE 评分差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 4。

2.3 评估效能 LUS、改良 LUS 及 RALE 评分评估 ARDS 严重程度的 AUC 分别为 0.809、0.853 及 0.640。见表 5 及图 2。

2.4 相关性分析 ARDS 患者 LUS 及改良 LUS 均与 OI 呈中度负相关( $r = -0.570, P = 0.001; r = -0.708, P < 0.001$ ),而 RALE 评分与 OI 无明显相关性( $r = -0.229, P = 0.201$ )。RALE 评分与 LUS 及改良 LUS 均呈中度正相关( $r = 0.588, P < 0.001; r = 0.502, P = 0.003$ )。

## 3 讨论

ARDS 为急性弥漫性肺损伤疾病,可致大量肺泡塌陷、肺顺应性降低及血管外肺水增加,进而引发呼吸窘迫<sup>[10]</sup>;常需采用床旁胸片或胸部超声观察肺部渗出情况。RALE 评分为近年提出的可量化血管外肺水的新指标,与肺解剖质量、肺水肿及低氧血症程度具有一定相关性。LUS 将肺划分为 12 个分区,反映肺内液

表 3 16 例中-重度与 33 例轻度 ARDS 患者一般资料比较

组别	年龄(岁)	性别(例)		辅助通气模式(例)			转入 ICU(例)		血管活性药物(例)		休克(例)	
		男	女	有创通气	无创通气	吸氧	是	否	是	否	是	否
中-重度组 (n=16)	68.9±17.0	11	5	5	10	1	11	5	5	11	9	7
轻度组 (n=17)	75.5±14.2	12	5	2	5	10	5	12	7	10	12	5
<i>t</i> / $\chi^2$ / <i>Z</i> 值	-1.214	0.013		10.295			5.107		0.351		0.732	
<i>P</i> 值	0.234	0.909		0.006			0.024		0.554		0.392	
组别	呼吸频率 (次/分)	心率 (次/分)	收缩压 (mmHg)	舒张压 (mmHg)	氧饱和度 (%)	乳酸 (mmol/L)	CRP (mg/L)					
中-重度组 (n=16)	36.13±8.73	100.56±27.96	130.13±23.62	68.69±20.69	93.69(87.40,96.03)	2.43(1.29,3.67)	118.51(31.72,252.42)					
轻度组 (n=17)	27.00±6.85	98.88±23.91	109.41±14.98	59.41±15.33	97.65(95.98,98.76)	1.78(1.36,2.75)	70.73(52.94,143.04)					
<i>t</i> / $\chi^2$ / <i>Z</i> 值	3.352	0.186	3.027	1.469	-3.009	-0.955	-0.558					
<i>P</i> 值	0.002	0.854	0.005	0.152	0.002	0.340	0.577					

表 4 16 例中-重度与 33 例轻度 ARDS 患者影像学评分比较

组别	LUS	改良 LUS	RALE 评分
中-重度组 (n=16)	17.63±4.70	15.45±4.62	18.06±7.86
轻度组 (n=17)	12.00±4.06	9.68±3.03	14.47±7.38
t 值	3.684	4.271	1.354
P 值	0.001	<0.001	0.185

表 5 各影像学评分评估 ARDS 严重程度的效能

评分方式	截断值	敏感度 (%)	特异度 (%)	AUC(95%CI)	P 值
LUS	15.00	75.00	82.35	0.809(0.654,0.963)	0.002
改良 LUS	10.88	87.50	82.35	0.853(0.715,0.991)	0.001
RALE 评分	16.50	62.50	62.71	0.640(0.447,0.832)	0.171

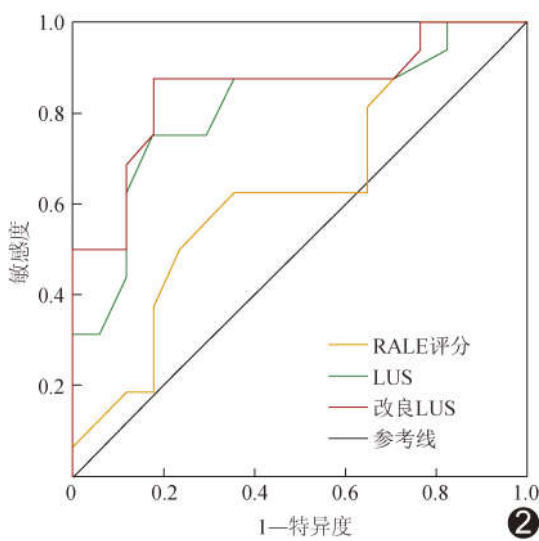


图 2 各影像学评分评估 ARDS 严重程度的 ROC 曲线

体-气体比例,与有创血流动力学监测结果的一致性良好<sup>[11]</sup>,但存在一定局限性。单个肺分区往往包括 3~5 个肋间隙,而 ARDS 肺部渗出不均匀,遇“肺分区内仅 1 个肋间隙存在离散型 B 线”或“肺分区内见弥漫离散型 B 线”等情况时,LUS 评估结果难以真实反映病情。

本研究对 LUS 加以改良,将各分区根据超声征象得出的 LUS 与其估测占比的乘积之和记为改良 LUS,结果显示其评估 ARDS 严重程度的效能良好(AUC 为 0.853),高于 LUS 及 RALE 评分(AUC 分别为 0.809 及 0.640)。既往研究<sup>[12-13]</sup>认为 OI 与肺水肿及肺不张程度有关,低 OI 的 ARDS 患者并发症发生率及病死率更高;基于 OI 水平评估 ARDS 严重程度具有重要临床意义。本研究中-重度组 LUS 及改良 LUS 均高于轻度组,且均与 OI 呈中度负相关( $r = -0.570, P = 0.001; r = -0.708, P < 0.001$ ),与既往研究<sup>[14]</sup>结论一致。

本研究发现 ARDS 患者 RALE 评分与 OI 无明显相关性,且 RALE 评分用于评估 ARDS 严重程度的 AUC 仅为 0.640,可能与 ARDS 患者肺水分布不均匀,通气血流比异常并呈重力依赖性,导致近背侧肺组织渗出更为明显<sup>[7]</sup>有关。LUS 可利用探头的灵活性直接对患者背部进行扫查,评估 ARDS 的准确性高于 RALE 评分。本研究中 ARDS 患者 RALE 评分与 LUS 及改良 LUS 均呈中度正相

关,提示对于紧急抢救 ARDS 危重患者,床旁胸片和 LUS/改良 LUS 可在一定程度上相互替代。

综上,本研究提出的改良 LUS 可有效评估 ARDS 严重程度、反映患者氧合状态,其效能高于 LUS 及 RALE 评分。但本研究为单中心回顾性分析,样本量小,且未排除机械通气参数对肺通气的影响及潜在休克状态对氧合水平的影响,有待后续进一步完善。

利益冲突:全体作者声明无利益冲突。

作者贡献:燕亚茹研究设计、撰写和修改文章;赵浩天研究实施、数据分析;刘奕查阅文献、统计分析;龙玲研究实施、修改文章;赵鹤龄指导、审阅文章;杨春燕指导、审阅文章、经费支持。

[参考文献]

[1] EVRARD B, WOILLARD J B, LEGRAS A, et al. Diagnostic, prognostic and clinical value of left ventricular radial strain to identify paradoxical septal motion in ventilated patients with the acute respiratory distress syndrome: An observational prospective multicenter study[J]. Crit Care, 2023, 27(1):424.

[2] BELLANI G, PHAM T, LAFFEY J G. Missed or delayed diagnosis of ARDS: A common and serious problem[J]. Intensive Care Med, 2020, 46(6):1180-1183.

[3] SINHA P, CALFEE C S. Phenotypes in acute respiratory distress syndrome: Moving towards precision medicine[J]. Curr Opin Crit Care, 2019, 25(1):12-20.

[4] AMATO M B, MEADE M O, SLUTSKY A S, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome[J]. N Engl J Med, 2015, 372(8):747-755.

[5] 赵浩天,任珊,龙玲,等.心肺超声评估脓毒症休克合并心功能障碍患者肺水肿[J].中国医学影像技术,2022,38(8):1166-1171.

[6] WARREN M A, ZHAO Z, KOYAMA T, et al. Severity scoring of lung oedema on the chest radiograph is associated with clinical outcomes in ARDS[J]. Thorax, 2018, 73(9):840-846.

- [7] ARDS Definition Task Force, RANIERI V M, RUBENFELD G D, et al. Acute respiratory distress syndrome: The Berlin Definition[J]. JAMA, 2012, 307(23):2526-2533.
- [8] KOTOK D, YANG L, EVANKOVICH J W, et al. The evolution of radiographic edema in ARDS and its association with clinical outcomes: A prospective cohort study in adult patients[J]. J Crit Care, 2020, 56:222-228.
- [9] JABAUDON M, AUDARD J, PEREIRA B, et al. Early changes over time in the radiographic assessment of lung edema score are associated with survival in ARDS[J]. Chest, 2020, 158(6):2394-2403.
- [10] CONSTANTIN J M, JABAUDON M, LEFRANT J Y, et al. Personalised mechanical ventilation tailored to lung morphology versus low positive end-expiratory pressure for patients with acute respiratory distress syndrome in France (the LIVE study): A multicentre, singleblind, randomised controlled trial [J]. Lancet Respir Med, 2019, 7(10):870-880.
- [11] BATAILLE B, RAO G, COCQUET P, et al. Accuracy of ultrasound B-lines score and E/Ea ratio to estimate extravascular lung water and its variations in patients with acute respiratory distress syndrome [J]. J Clin Monit Comput, 2015, 29 (1): 169-176.
- [12] FAMOUS K R, DELUCCHI K, WARE L B, et al. Acute respiratory distress syndrome subphenotypes respond differently to randomized fluid management strategy[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2017, 195(3):331-338.
- [13] MORALES-QUINTEROS L, SCHULTZ M J, BRINGUÉ J, et al. Estimated dead space fraction and the ventilatory ratio are associated with mortality in early ARDS [J]. Ann Intensive Care, 2019, 9(1):128.
- [14] TODUR P, Souvik Chaudhuri FNB Critical Care, Vedaghosh Amara FNB Critical Care, et al. Correlation of oxygenation and radiographic assessment of lung edema (RALE) score to lung ultrasound score (LUS) in acute respiratory distress syndrome (ARDS) patients in the intensive care unit [J]. Can J Respir Ther, 2021, 57:53-59.

## 《中国医学影像技术》被数据库收录及获奖情况

《中国医学影像技术》杂志是由中国科学院主管,中国科学院声学研究所主办的国家级学术期刊,被数据库收录及获奖情况如下:

百种中国杰出学术期刊(2011、2012 年)

中国精品科技期刊

CAJ-CD 规范获奖期刊

中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)

中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊

《中文核心期刊要目总览》收录期刊

《中国学术期刊影响因子年报》统计源期刊

科技期刊世界影响力指数(WJCI)报告收录期刊

临床医学领域(医学影像学)高质量科技期刊分级目录收录期刊

Scopus 数据库收录期刊

荷兰《医学文摘》来源期刊

WHO《西太平洋地区医学索引》(WPRIM)来源期刊

《日本科学技术振兴机构中国文献数据库》(JSTChina)收录期刊