

[文章编号] 1671-587X(2024)03-0770-08

DOI:10.13481/j.1671-587X.20240321

## 肺超声评分对晚期早产儿并发呼吸窘迫综合征应用机械通气及肺表面活性物质的预测价值

丁帅文, 吕小明, 张林, 武辉  
(吉林大学第一医院新生儿科, 吉林 长春 130021)

**[摘要]** **目的:** 探讨使用肺超声评分(LUS)对晚期早产儿并发呼吸窘迫综合征(RDS)应用机械通气(MV)和肺表面活性物质(PS)的预测价值。**方法:** 选择并发RDS的晚期早产儿(胎龄 $34^{0/7}$ ~ $36^{6/7}$ 周)进行前瞻性分析,共纳入67例并发RDS的晚期早产儿。根据患儿生后48h内是否需要应用MV和PS,分为MV组( $n=36$ )、非MV组( $n=31$ )、PS组( $n=30$ )和非PS组( $n=37$ )。各组患儿在入院后2h和应用PS前进行肺超声检查,并分别计算6分区、10分区和12分区LUS。绘制不同分区LUS预测晚期早产儿并发RDS应用MV和PS的受试者工作特征(ROC)曲线,采用Delong检验比较不同分区方法的预测价值。**结果:** 与非PS组比较,PS组患儿出生体质量、LUS、呼气末正压(PEEP)、平均气道压(MAP)、 $MAP \times$ 吸入氧浓度( $FiO_2$ )/动脉血分压( $PaO_2$ )比值、呼吸机使用时间和住院时间均升高( $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$ ), $PaO_2/FiO_2$ 比值降低( $P < 0.01$ )。与非MV组比较,MV组患儿出生体质量、LUS、PEEP、MAP、 $MAP \times FiO_2/PaO_2$ 值、呼吸机使用时间和住院时间均升高( $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$ ), $PaO_2/FiO_2$ 比值降低( $P < 0.01$ )。6分区LUS测PS应用时,PEEP、MAP和LUS是晚期早产儿并发RDS应用PS的危险因素[比值比(OR) $> 1$ , $P < 0.05$ ]。10分区和12分区LUS预测PS应用时, $MAP \times FiO_2/PaO_2$ 比值和LUS是晚期早产儿并发RDS应用PS的危险因素(OR $> 1$ , $P < 0.05$ )。6分区、10分区和12分区LUS预测MV应用时,MAP和LUS是晚期早产儿并发RDS应用MV的危险因素(OR $> 1$ , $P < 0.05$ )。6分区、10分区和12分区LUS预测晚期早产儿并发RDS的ROC曲线下面积(AUC)分别为0.909、0.904和0.915,均具有较好的预测价值;使用6分区、10分区和12分区LUS预测晚期早产儿并发RDS应用MV的AUC分别为0.868、0.872和0.887,均具有较好的预测价值。**结论:** LUS可有效预测晚期早产儿并发RDS是否需要应用MV和PS,MAP联合LUS可以提高单独使用LUS预测应用MV的能力。

**[关键词]** 晚期早产儿;肺超声评分;呼吸窘迫综合征;机械通气;肺表面活性物质

**[中图分类号]** R72 **[文献标志码]** A

## Predictive value of lung ultrasound score for mechanical ventilation and pulmonary surfactant treatment in late-onset preterm infants complicated with respiratory distress syndrome

DING Shuaiwen, LYU Xiaoming, ZHANG Lin, WU Hui

(Department of Neonatology, First Hospital, Jilin University, Changchun 130021, China)

**[收稿日期]** 2023-12-20

**[基金项目]** 吉林省科技厅科技发展计划项目(20190701050GH)

**[作者简介]** 丁帅文(1999—),男,河北省衡水市人,在读硕士研究生,主要从事新生儿科常见疾病基础和临床方面的研究。

**[通信作者]** 吕小明,主治医师(E-mail:lvxm2020@jlu.edu.cn);

武辉,主任医师,教授,博士研究生导师(E-mail:wuhui@jlu.edu.cn)

**ABSTRACT Objective:** To discuss the predictive value of lung ultrasound score (LUS) for the use of mechanical ventilation (MV) and pulmonary surfactant (PS) in the preterm infants with late-onset respiratory distress syndrome (RDS). **Methods:** The prospective analysis was conducted on the late-onset preterm infants (gestational age  $34^{0/7}$ – $36^{6/7}$  weeks) complicated with RDS; in total, 67 late-onset infants complicated with RDS were included. The infants were divided into MV group ( $n=36$ ), non-MV group ( $n=31$ ), PS group ( $n=30$ ), and non-PS group ( $n=37$ ) based on the necessity to use MV and PS within 48 h after birth. Lung ultrasound examination was performed on all the infants 2 h after admission, and before the application of PS, and the LUS for 6-zone, 10-zone, and 12-zone partitions were calculated. Receiver operating characteristic (ROC) curve for the prediction of MV and PS application in the infants with late-onset RDS were drawn by LUS with different partitions, and the predictive values of different partition methods were compared by DeLong method. **Results:** Compared with non-PS group, the birth weight, LUS, positive end expiratory pressure (PEEP), mean airway pressure (MAP),  $\text{MAP} \times \text{fraction of inspired oxygen (FiO}_2\text{)/PaO}_2$  value, duration of mechanical ventilation, and hospital stay of the infants in PS group were increased ( $P < 0.05$ ), and the ratio of  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  was decreased ( $P < 0.01$ ). Compared with non-MV group, the birth weight, LUS, PEEP, MAP,  $\text{MAP} \times \text{FiO}_2/\text{PaO}_2$  value, duration of mechanical ventilation and hospital stay of the infants in MV group were increased ( $P < 0.05$ ), and the ratio of  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  was decreased ( $P < 0.01$ ). PEEP, MAP, and LUS were identified as the influencing factors for application of PS in the late-onset preterm infants complicated with RDS when employing 6-zone LUS to predict the application of PS [odds ratio (OR)  $> 1$ ,  $P < 0.05$ ]. When employing 10-zone and 12-zone LUS for the use of PS,  $\text{MAP} \times \text{FiO}_2/\text{PaO}_2$  and LUS were the influencing factors (OR  $> 1$ ,  $P < 0.05$ ). The area under curve (AUC) for predicting the application of PS in the late-onset infants complicated with RDS by 6-zone, 10-zone, and 12-zone LUS were 0.909, 0.904, and 0.915, respectively, all showing good predictive values; the AUCs for predicting the application of MV by 6-zone, 10-zone, and 12-zone LUS were 0.868, 0.872, and 0.887, respectively, all showing good predictive values as well. **Conclusion:** LUS can effectively predict the necessity for whether or not applying MV and PS in the late-onset infants complicated with RDS, and MAP combined with LUS can enhance the capability to predict the application of MV.

**KEYWORDS** Late preterm infant; Lung ultrasound score; Respiratory distress syndrome; Mechanical ventilation; Pulmonary surfactant

晚期早产儿占全部早产儿的70%，与足月儿比较，晚期早产儿具有更高的患病和死亡风险<sup>[1-2]</sup>。研究<sup>[3]</sup>显示：呼吸窘迫综合征（respiratory distress syndrome, RDS）是早产儿常见的呼吸系统并发症，孕34周分娩时RDS发生率为10.5%，在孕40周前胎龄每增加1周，RDS发生率可降低0.3%。尽管多数晚期早产儿发生呼吸窘迫是暂时的，但部分患儿可能发展为持续性肺动脉高压或严重缺氧性呼吸衰竭，需要进行吸入一氧化氮、高频通气甚至体外膜肺氧合等额外治疗<sup>[4]</sup>。需要呼吸支持的新生儿中约有1/3为晚期早产儿，而在晚期早产儿中13%可出现呼吸衰竭。在上述呼吸衰竭患儿中，肺表面活性物质（pulmonary surfactant, PS）应用高达45%<sup>[5]</sup>。鉴于晚期早产儿呼吸衰竭的严重不良后果，临床医生应给予更高的关注，及

时预测晚期早产儿呼吸窘迫的进展并尽早应用PS以避免病情的恶化。近年来，肺超声已成为国际专家共识指南推荐诊断新生儿肺部疾病的无创床旁护理技术<sup>[6-7]</sup>。研究<sup>[8]</sup>显示：可以通过定性肺超声模式预测RDS早产儿机械通气（mechanical ventilation, MV）需求。RAIMONDI等<sup>[8]</sup>使用I型肺超声预测胎龄（ $32.5 \pm 2.6$ ）周早产儿鼻通气2h后的无创通气和气管插管情况。肺超声评分（lung ultrasound score, LUS）是一种与肺通气和氧合密切相关的半定量方法，可用于监测早产儿在整个RDS过程中的呼吸状态。LUS和肺实变面积可以评估RDS严重程度，并预测胎龄（ $29.0 \pm 3.4$ ）周早产儿应用MV需求<sup>[9]</sup>。出生后24h内的LUS对于预测胎龄 $< 32$ 周RDS早产儿生后3d是否需要创通气具有较高的可靠性，且后肺野区域

的LUS在整个LUS过程中起重要作用,其明显高于前肺野区域的LUS<sup>[10]</sup>。研究<sup>[11-15]</sup>证实LUS可以预测极早产儿和胎龄<34周早产儿PS应用情况。然而,目前尚缺乏LUS在晚期早产儿并发RDS中应用价值的相关研究。

本研究探讨新生儿生后首次LUS对于预测生后48 h内并发RDS的晚期早产儿应用MV和PS的情况,并比较不同肺超声分区方法的预测价值,为晚期早产儿并发RDS的早期治疗提供参考。

## 1 资料与方法

**1.1 研究对象** 收集2019年7月—2020年12月本院新生儿科收治的并发RDS晚期早产儿。纳入标准:①胎龄 $34^{0/7} \sim 36^{6/7}$ 周;②生后24 h内入院;③入院后2 h和PS给药前完成肺超声检查;④根据临床表现、血气分析和胸片检查明确诊断为RDS。排除标准:①先天发育畸形;②染色体异常;③患有先天性心脏病或严重心律失常;④患有遗传代谢性疾病。本研究经吉林大学第一医院伦理委员会批准(伦理审批号:19K053-001),所有患儿家属均签署知情同意书。通过受试者工作特征(receiver operating characteristic curve, ROC)曲线下面积(area under, AUC)计算样本量,AUC为0.9、参数 $\alpha$ 为0.05和 $\beta$ 为0.1,零假设值为0.7及阴性样本量/阳性样本量=1,因此需要的样本量至少为52例。本研究中纳入生后24 h内入院并诊断为RDS的晚期早产儿共99例,排除染色体异常1例,先天性肺畸形2例,先天性心脏病9例,肺超声检查前应用PS 12例,最终入组67例患儿。根据患儿生后48 h内是否需要应用MV和PS,分为MV组( $n=36$ )、非MV组( $n=31$ )、PS组( $n=30$ )和非PS组( $n=37$ )。

**1.2 一般资料** ①基本资料:胎龄、出生体质量、性别、分娩方式、产前是否应用激素、母亲是否患有妊娠期糖尿病、胎膜早破 $\geq 18$  h和5 min Apgar评分;②入院后2 h后和PS用药前呼吸机参数,包括平均气道压(mean airway pressure, MAP)、吸入氧浓度(fraction of inspiration  $O_2$ ,  $FiO_2$ )和呼气末正压(positive end expiratory pressure, PEEP);③入院2 h内和PS用药前血气分析及不同肺超声分区LUS结果;④计算动脉氧分压(partial pressure of oxygen,  $PaO_2$ )/ $FiO_2$ 比值和 $MAP \times FiO_2 / PaO_2$ 比值;⑤呼吸机使用时间和住院时间。

**1.3 PS应用指征** 按照2019年更新的欧洲RDS治疗共识指南<sup>[16]</sup>,PS应用指征:有明确的RDS证

据;持续气道正压通气(continuous positive airway pressure, CPAP)下 $PEEP \geq 6$  cmH<sub>2</sub>O且 $FiO_2 > 30\%$ 时呼吸困难仍进行性加重。

**1.4 MV适应症** ①CPAP或经鼻间歇正压通气(nasal intermittent positive pressure ventilation, NIPPV)下仍有呼吸窘迫的表现;② $FiO_2 > 30\%$ ,且有血氧饱和度波动、发绀或频繁呼吸暂停的情况;③明显的呼吸性酸中毒, $pH < 7.25$ ,血二氧化碳分压(partial pressure of carbon dioxide,  $PCO_2$ ) $> 60$  mmHg。

**1.5 肺超声检查方法** 选用频率为9.0 MHz线性探头的彩色多普勒超声诊断仪(深圳迈瑞医疗器械有限公司)进行肺超声检查。所有临床医生均接受为期3个月的肺超声检查理论和实践课程。所有患儿在入院后2 h内由新生儿科医生完成肺超声检查,每个肺部区域留取一张清晰图像并保存。实验结束后,由1名对各组患儿临床情况不知情的新生儿科超声医生对所有肺超声图像进行评分。以两乳头连线为界,将每侧肺脏分为上和下2个肺野;以腋前线和腋后线为界,将每侧肺脏分为前肺、侧肺和后肺。6分区为每侧肺脏分前上、前下和侧肺3个区域;10分区为每侧肺脏分前上、前下、侧肺、后上和后下5个区域;12分区为每侧肺脏分前上、前下、侧上、侧下、后上和后下6个区域。每个区域0~3分,0分为仅有肺部A线;1分为有 $\geq 3$ 条间隔良好的肺部B线;2分为有密集或融合肺部B线,有或无胸膜线下实变;3分为有广泛肺实变。

**1.6 统计学分析** 采用MedCalc 18.0和SPSS 22.0统计软件进行统计学分析。各组患儿胎龄和出生体质量为正态分布,以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间样本均数比较采用两独立样本 $t$ 检验。5 min Apgar评分、LUS、PEEP、MAP、 $PaO_2 / FiO_2$ 比值、 $MAP \times FiO_2 / PaO_2$ 值、呼吸机使用时间和住院时间为非正态分布,以中位数(M)和四分位数(QR)表示,组间比较采用Mann-Whitney  $U$ 检验。各组患儿性别、分娩方式、产前是否应用激素、母亲是否患有妊娠期糖尿病和胎膜早破 $\geq 18$  h为计数资料,以例数(%)表示,组间比较采用 $\chi^2$ 检验或Fisher确切概率法。采用Logistic回归分析校正混杂因素,ROC曲线分析评估LUS预测MV和PS应用情况,采用MedCalc软件分析AUC、约登指数、灵敏度、特异度、阳性似然比(+LR)、阴性似然比(-LR)、阳性预测值(positive predictive

value, PPV) 和阴性预测值 (negative predictive value, NPV), 其中灵敏度、特异度、+LR、-LR 和 NPV 以百分率 (%) 表示。采用 Delong 检验比较不同分区 LUC 预测应用 MV 和 PS 的 AUC。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 并发 RDS 晚期早产儿一般资料** 本研究共纳入 67 例并发 RDS 的晚期早产儿, 胎龄为 (34.9 ± 0.9) 周, 出生体质量为 (2 317.0 ± 446.7) g。

PS 组 30 例, 非 PS 组 37 例; MV 组 36 例, 非 MV 组 31 例。各组患儿的一般资料见表 1。与非 PS 组比较, PS 组患儿出生体质量、LUS、PEEP、MAP、MAP × FiO<sub>2</sub>/PaO<sub>2</sub> 值、呼吸机使用时间和住院时间均升高 ( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ ), PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> 比值降低 ( $P < 0.01$ )。与非 MV 组比较, MV 组患儿出生体质量、LUS、PEEP、MAP、MAP × FiO<sub>2</sub>/PaO<sub>2</sub> 值、呼吸机使用时间和住院时间均升高 ( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ ), PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> 比值降低 ( $P < 0.01$ )。各组患儿其他基线资料比较差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

表 1 并发 RDS 的晚期早产儿一般资料

Tab. 1 General informations of late-onset perterm infants complicated with RDS

Group	<i>n</i>	Gestational age (week)	Birth weight (m/g)	Male [ <i>n</i> ( $\eta$ /%)]	Cesarean section [ <i>n</i> ( $\eta$ /%)]	Antenatal steroids [ <i>n</i> ( $\eta$ /%)]	Premature rupture of membrane $\geq 18$ h [ <i>n</i> ( $\eta$ /%)]
Overall	67	34.9 ± 0.9	2 317.0 ± 446.7	44(65.7)	58(86.6)	19(28.4)	9(13.4)
Non- PS	37	34.9 ± 0.9	2 212.4 ± 416.1	23(62.2)	32(86.5)	9(24.3)	5(13.5)
PS	30	34.9 ± 0.9	2 446.0 ± 456.2*	21(70.0)	26(86.7)	10(33.3)	4(13.3)
Non- MV	31	34.9 ± 0.8	2 168.7 ± 408.1	20(64.5)	28(90.3)	8(25.8)	5(16.1)
MV	36	34.9 ± 0.9	2 444.7 ± 444.2 $\Delta$	24(66.7)	30(83.3)	11(30.6)	4(11.1)
Group	<i>n</i>	5-min Apgar score	6-region LUS	10-region LUS	12-region LUS	PEEP (P/cmH <sub>2</sub> O)	MAP (P/cmH <sub>2</sub> O)
Overall	67	8.6(8, 9)	4.6(0, 8)	11.7(7, 16)	13.5(8, 19)	5.9(5, 6)	8.6(6, 10)
Non- PS	37	8.7(8, 9)	2.0(0, 3)	8.4(6, 10)	9.3(6, 12)	5.6(5, 6)	7.2(5, 9)
PS	30	8.5(8, 9)	7.9(6, 10)**	15.8(14, 18)**	18.8(16, 21)**	6.2(6, 7)**	10.3(9, 11)**
Non- MV	31	8.8(8, 9)	1.8(0, 3)	8.1(6, 10)	8.8(6, 12)	5.6(5, 6)	6.7(5, 9)
MV	36	8.4(8, 9)	7.1(4, 10) $\Delta\Delta$	14.8(12, 18) $\Delta\Delta$	17.6(14, 21) $\Delta\Delta$	6.2(6, 7) $\Delta\Delta$	10.1(9, 11) $\Delta\Delta$
Group	<i>n</i>	PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	MAP × FiO <sub>2</sub> /PaO <sub>2</sub>	Duration of mechanical ventilator (t/d)	Hospital stay (t/d)		
Overall	67	270.0(127, 392)	5.3(1.9, 7.3)	6.7(3, 11)	12.3(8, 16)		
Non- PS	37	360.8(275, 461)	2.4(1.4, 2.7)	3.9(2, 5)	10.0(7, 12)		
PS	30	157.4(85, 181)**	8.8(5.6, 13.2)**	10.2(7, 12)**	15.1(11, 18)**		
Non- MV	31	358.5(273, 472)	2.3(1.3, 2.7)	3.7(2, 5)	9.9(6, 10)		
MV	36	193.3(106, 209) $\Delta\Delta$	7.9(4.4, 10.3) $\Delta\Delta$	9.3(6, 12) $\Delta\Delta$	14.3(10, 17) $\Delta\Delta$		

\* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$  vs non- PS group;  $\Delta P < 0.05$ ,  $\Delta\Delta P < 0.01$  vs non-MV group.

**2.2 Logistic 回归分析预测不同分区 LUS 晚期早产儿并发 RDS 应用 PS 的影响因素** 将单因素分析结果中有统计学差异的指标, 包括出生体质量、LUS、PEEP、MAP、PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> 比值和 MAP × FiO<sub>2</sub>/PaO<sub>2</sub> 值作为自变量, 将晚期早产儿并发 RDS 应用 PS 情况作为因变量 (0 = 未应用 PS, 1 = 应用 PS), 纳入 Logistic 回归分析, 结果显示: 6 分区 LUS 预测 PS 应用时, PEEP、MAP、LUS 是晚期早产儿并发 RDS 应用 PS 的危险因素 [比值比

(odds ratio, OR)  $> 1$ ,  $P < 0.05$ ]。10 分区和 12 分区 LUS 预测 PS 应用时, MAP × FiO<sub>2</sub>/PaO<sub>2</sub> 值和 LUS 是晚期早产儿并发 RDS 应用 PS 的危险因素 (OR  $> 1$ ,  $P < 0.05$ )。见表 2。

**2.3 不同分区 LUS 晚期早产儿并发 RDS 应用 MV 的影响因素** 将单因素分析结果中存在统计学差异的指标, 包括出生体质量、LUS、PEEP、MAP、PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> 比值和 MAP × FiO<sub>2</sub>/PaO<sub>2</sub> 值作为自变量, 将晚期早产儿并发 RDS 的应用 MV 的情况作为因

表2 Logistic回归分析不同分区LUS预测晚期早产儿并发RDS应用PS的影响因素

Tab.2 Influencing factors of application of PS in late-onset preterm infants complicated with RDS predicted by LUS with different partitions analyzed by logistic regression analysis

Influencing factor	B	SE	Wald	P	OR (95%CI)
6-region					
PEEP(cmH <sub>2</sub> O)	-4.093	2.079	3.877	0.049	0.017(0.000-0.981)
MAP(cmH <sub>2</sub> O)	4.474	2.091	4.577	0.032	87.665(1.455-5 280.227)
LUS	0.930	0.381	5.957	0.015	2.534(1.201-5.348)
10-region					
FiO <sub>2</sub> ×MAP/PaO <sub>2</sub>	0.408	0.196	4.332	0.037	1.504(1.024-2.210)
LUS	0.396	0.160	6.116	0.013	1.486(1.086-2.035)
12-region					
FiO <sub>2</sub> ×MAP/PaO <sub>2</sub>	0.398	0.196	4.107	0.043	1.489(1.013-2.189)
LUS	0.328	0.126	6.745	0.009	1.389(1.084-1.779)

变量 (0=无需应用MV, 1=需要应用MV), 纳入Logistic回归分析, 结果显示: 6分区、10分区和12分区LUS预测时, MAP和LUS是晚期早产

儿并发RDS应用MV的危险因素 (OR>1, P<0.05)。见表3。

表3 Logistic回归分析不同分区LUS预测晚期早产儿并发RDS应用MV的影响因素

Tab.3 Influencing factors of application of MV in late-onse preterm infants with complicated RDS predicted by LUS with different partitions analyzed by logistic regression analysis

Influencing factor	B	SE	Wald	P	OR(95%CI)
6-region					
MAP(cmH <sub>2</sub> O)	2.605	1.187	4.811	0.028	13.527(1.320-138.663)
LUS	0.511	0.177	8.322	0.004	1.668(1.178-2.361)
10-region					
MAP(cmH <sub>2</sub> O)	1.370	0.562	5.953	0.015	3.937(1.309-11.839)
LUS	0.319	0.110	8.460	0.004	1.375(1.110-1.705)
12-region					
MAP(cmH <sub>2</sub> O)	1.402	0.561	6.237	0.013	4.062(1.352-12.206)
LUS	0.296	0.097	9.236	0.002	1.344(1.111-1.627)

2.4 不同分区LUS预测晚期早产儿并发RDS应用PS ROC曲线分析结果显示: 6分区、10分区和12分区LUS预测晚期早产儿并发RDS应用PS的AUC分别为0.909、0.904和0.915, 均具有较好的预测价值。见表4。不同分区LUS预测PS应用的AUC组间两两比较差异均无统计学意义 (P>0.05)。见图1。

2.5 不同分区LUS预测晚期早产儿并发RDS应用MV ROC曲线分析结果显示: 6分区、10分区和12分区LUS预测晚期早产儿并发RDS应用MV的AUC分别为0.868、0.872和0.887, 均具有较好的预测价值。见表5。不同分区LUS预测MV应用

的AUC组间两两比较差异均无统计学意义 (P>0.05)。见图2。

### 3 讨论

部分研究<sup>[11-13, 15, 17]</sup>已证实: LUS在RDS中具有临床实用性, 但这些研究主要集中于早期或中期早产儿, 但RDS也是可危及晚期早产儿生命的严重并发症。LUS预测晚期早产儿并发RDS应用PS和MV对于避免患儿病情加重并尽早给予治疗具有重要意义。

近年来, 已有多项关于肺超声预测早产儿PS应用方面的研究<sup>[11-15, 18-20]</sup>, 其中2项研究采用I型

表4 不同分区LUS预测晚期早产儿并发RDS应用PS

Tab. 4 PS applications of late-onset preterm infants complicated with RDS predicted by LUS with different partitions

Partition of LUS	AUC (95%CI)	Cutoff value	P	Sensitivity(95%CI)	Specificity(95%CI)
6-region	0.909(0.813-0.965)	>5	<0.01	80.00(61.40-92.30)	89.19(74.60-97.00)
10-region	0.904(0.807-0.962)	>11	<0.01	90.00(73.50-97.90)	83.78(68.00-93.80)
12-region	0.915(0.821-0.969)	>13	<0.01	90.00(73.50-97.90)	86.49(71.20-95.50)
Partition of LUS	+LR(95%CI)	-LR(95%CI)	PPV(95%CI)	NPV(95%CI)	
6-region	7.40(2.90-19.00)	0.22(0.10-0.50)	85.70(70.00-93.90)	84.60(72.70-91.90)	
10-region	5.55(2.60-11.70)	0.12(0.04-0.40)	81.80(68.20-90.40)	91.20(77.80-96.80)	
12-region	6.66(2.90-15.20)	0.12(0.04-0.30)	84.40(70.30-92.50)	91.40(78.30-96.90)	

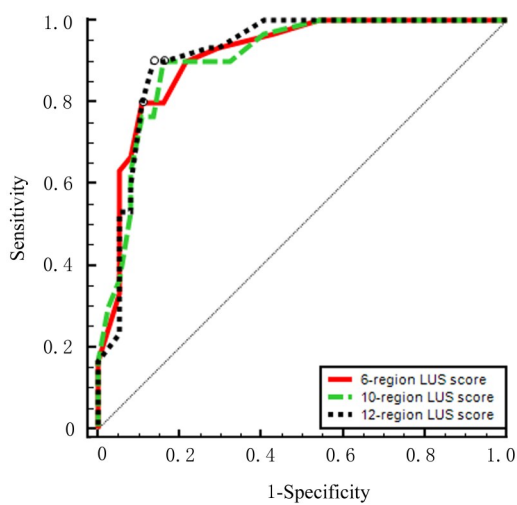


图1 不同分区LUS预测晚期早产儿并发RDS应用PS的ROC曲线

Fig. 1 ROC curves of PS application of late-onset preterm infants predicted by LUS with different partitions

肺超声, 其余均采用LUS。但关于LUS在预测晚期早产儿PS应用价值的临床研究尚不多见。BRAT等<sup>[14]</sup>于2015年首次报道, 6分区LUS预测CPAP下胎龄<34周早产儿PS应用具有良好的适应性(AUC=0.93), 截断值为4分, 但对于胎

龄>34周的晚期早产儿和足月儿预测价值较低, AUC仅为0.71。本研究结果显示: LUS在预测并发RDS晚期早产儿PS应用方面具有较好的预测价值, 采用6分区LUS的AUC高达90.9%, 灵敏度和特异度分别为80.00%和89.19%。本研究仅纳入并发的RDS晚期早产儿, 而在上述研究中, 患儿胎龄更成熟, 包括足月新生儿, 且纳入患有RDS、湿肺(transient trachypnea of the newborn, TTN)成胎粪吸入性肺炎(meconium aspiration syndrome, MAS)或等多种不同呼吸系统疾病的患儿。这些呼吸道疾病在肺超声上表现出的特定特征可能与其不同的发病机制有关。尽管晚期早产儿已接近足月, 但其肺部发育仍不成熟。PS治疗主要应用于早产引起的PS缺乏。尽管PS替代疗法可用于其他呼吸道疾病(TTN、MAS和肺炎)继发的PS缺乏或功能障碍, 但其效果可能并不完全, 因为这些疾病是由多种不同的发病机制引起的<sup>[21-22]</sup>。患儿胎龄和纳入人群临床诊断的异质性可能是造成研究结果间差异的主要原因, 本研究纳入的患儿具有更高的同质性, 因此本研究结果可能对于LUS预测晚期早产儿并发RDS应用PS更具有临床价值。

本研究结果显示: LUS预测晚期早产儿并发

表5 不同分区LUS预测晚期早产儿并发RDS应用MV

Tab. 5 MV applications of late-onset preterm infants complicated with RDS predicted by LUS with different partitions

Partition of LUS	AUC (95%CI)	Cut off value	P	Sensitivity(95%CI)	Specificity(95%CI)
6-region	0.868(0.763-0.938)	>3	<0.01	80.56(64.00-91.80)	80.65(62.50-92.50)
10-region	0.872(0.768-0.941)	>11	<0.01	80.56(64.00-91.80)	87.10(70.20-96.40)
12-region	0.887(0.786-0.951)	>13	<0.01	80.56(64.00-91.80)	90.32(74.20-98.00)
Partition of LUS	+LR(95%CI)	-LR(95%CI)	PPV(95%CI)	NPV(95%CI)	
6-region	4.16(2.00-8.70)	0.24(0.10-0.50)	82.90(69.80-91.00)	78.10(64.20-87.70)	
10-region	6.24(2.50-15.80)	0.22(0.10-0.40)	87.90(74.10-94.80)	79.40(66.20-88.40)	
12-region	8.32(2.80-24.70)	0.22(0.10-0.40)	90.60(76.50-96.60)	80.00(67.10-88.70)	

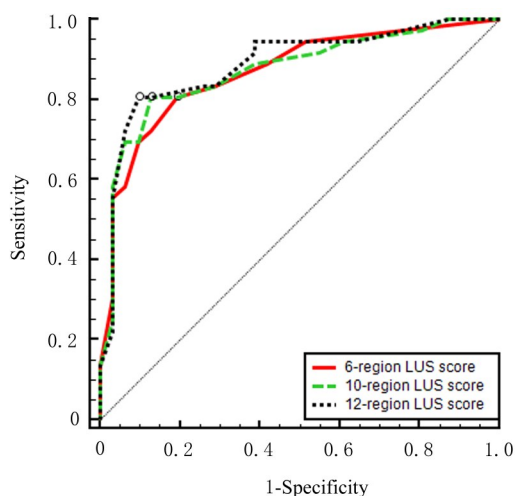


图2 不同分区LUS预测并发RDS晚期早产儿应用MV的ROC曲线

Fig. 2 ROC curves of MV application of late-onset perterm infants predicted by LUS with different partitions

RDS应用MV具有较好的预测价值。6分区LUS预测应用MV的最佳截断值为3分, 低于VARDAR等<sup>[11]</sup>的研究, 分析原因可能与其纳入患儿胎龄更小、肺发育不成熟和LUS更高有关。研究<sup>[23]</sup>显示: 生后24 h内使用LUS可以指导有呼吸困难早产儿呼吸支持模式选择。本研究结果显示: LUS和MAP是预测晚期早产儿并发RDS应用MV的独立危险因素, MAP与LUS联合可提高LUS单独预测MV应用的能力。

研究<sup>[24-26]</sup>显示: 早产儿的肺部病变在后肺野区域更加明显, 这可能与重力效应有关。本研究结果显示: 与6分区和10分区比较, 12分区LUS预测晚期早产儿并发RDS应用PS和MV的AUC、灵敏度和特异度升高, 但差异无统计学意义。可能由于12分区提供了关于整个肺部更完整的信息, 结果更加准确, 但其缺点是操作时需要搬动患儿, 操作时间更长。

本研究验证了LUS对于晚期早产儿并发RDS应用无创通气和PS替代治疗情况的预测价值, 为临床医生提供了及时评估和指导治疗的方法, 避免临床情况恶化, 但仍存在一些局限性。本研究为主要针对少数患者的单一研究, 样本量较小, 需要多中心研究结果的进一步验证; 且本研究使用的为9 MHz的线性探头, 肺超声图像质量和可靠性可能与不同设备甚至同一仪器中的探头类型和频率有关<sup>[27]</sup>。较低出生体质量和胎龄的婴儿需要较高频

率的线性探头, 根据技术方面和扫描参数设置的规范和指南, 建议选择12~14 MHz高频线阵探头的高端超声设备进行新生儿肺超声检查<sup>[28]</sup>。

综上所述, LUS是临床医生预测晚期早产儿并发RDS应用MV和PS的一种新的辅助手段。LUS可有效预测晚期早产儿并发RDS是否需要应用MV和PS, MAP联合LUS可以提高单独使用LUS预测应用MV的能力。

#### 利益冲突声明:

所有作者声明不存在利益冲突。

#### 作者贡献声明:

丁帅文参与数据收集、统计分析和论文撰写, 吕小明参与研究设计和实施、数据收集、统计分析及论文撰写, 张林参与研究实施和数据收集, 武辉参与研究设计和论文撰写指导及审查。

#### [参考文献]

- [1] ANADKAT J S, KUZNIEWICZ M W, CHAUDHARI B P, et al. Increased risk for respiratory distress among white, male, late preterm and term infants[J]. *J Perinatol*, 2012, 32(10): 780-785.
- [2] SHAPIRO-MENDOZA C K, LACKRITZ E M. Epidemiology of late and moderate preterm birth[J]. *Semin Fetal Neonatal Med*, 2012, 17(3): 120-125.
- [3] LABOR C O S, HIBBARD J U, WILKINS I, et al. Respiratory morbidity in late preterm births[J]. *JAMA*, 2010, 304(4): 419-425.
- [4] RAMACHANDRAPPA A, ROSENBERG E S, WAGONER S, et al. Morbidity and mortality in late preterm infants with severe hypoxic respiratory failure on extra-corporeal membrane oxygenation [J]. *J Pediatr*, 2011, 159(2): 192-198.e3.
- [5] MAHONEY A D, JAIN L. Respiratory disorders in moderately preterm, late preterm, and early term infants[J]. *Clin Perinatol*, 2013, 40(4): 665-678.
- [6] 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]. *J Vis Exp*, 2019(145). DOI:10.3971/58990.
- [7] SINGH Y, TISSOT C, FRAGA M V, et al. International evidence-based guidelines on Point of Care Ultrasound (POCUS) for critically ill neonates and children issued by the POCUS Working Group of the European Society of Paediatric and Neonatal Intensive Care (ESPNIC)[J]. *Crit Care*, 2020, 24(1): 65.

- [8] RAIMONDI F, MIGLIARO F, SODANO A, et al. Use of neonatal chest ultrasound to predict noninvasive ventilation failure[J]. *Pediatrics*, 2014, 134(4): e1089-e1094.
- [9] PANG H Q, ZHANG B, SHI J, et al. Diagnostic value of lung ultrasound in evaluating the severity of neonatal respiratory distress syndrome [J]. *Eur J Radiol*, 2019, 116: 186-191.
- [10] SZYMAŃSKI P, KRUCZEK P, HOŻEJOWSKI R, et al. Modified lung ultrasound score predicts ventilation requirements in neonatal respiratory distress syndrome[J]. *BMC Pediatr*, 2021, 21(1): 17.
- [11] VARDAR G, KARADAG N, KARATEKIN G. The role of lung ultrasound as an early diagnostic tool for need of surfactant therapy in preterm infants with respiratory distress syndrome[J]. *Am J Perinatol*, 2021, 38(14): 1547-1556.
- [12] RODRIGUEZ-FANJUL J, JORDANI, BALAGUER M, et al. Early surfactant replacement guided by lung ultrasound in preterm newborns with RDS: the ULTRASURF randomised controlled trial [J]. *Eur J Pediatr*, 2020, 179(12): 1913-1920.
- [13] PERRI A, RICCARDI R, IANNOTTA R, et al. Lung ultrasonography score versus chest X-ray score to predict surfactant administration in newborns with respiratory distress syndrome[J]. *Pediatr Pulmonol*, 2018, 53(9): 1231-1236.
- [14] BRAT R, YOUSEF N, KLIFA R, et al. Lung ultrasonography score to evaluate oxygenation and surfactant need in neonates treated with continuous positive airway pressure [J]. *JAMA Pediatr*, 2015, 169(8): e151797.
- [15] DE MARTINO L, YOUSEF N, BEN-AMMAR R, et al. Lung ultrasound score predicts surfactant need in extremely preterm neonates[J]. *Pediatrics*, 2018, 142(3): e20180463.
- [16] SWEET D G, CARNIELLI V, GREISEN G, et al. European consensus guidelines on the management of respiratory distress syndrome-2019 update [J]. *Neonatology*, 2019, 115(4): 432-450.
- [17] RAIMONDI F, MIGLIARO F, CORSINI I, et al. Neonatal lung ultrasound and surfactant administration: a pragmatic, multicenter study[J]. *Chest*, 2021, 160(6): 2178-2186.
- [18] ALDECOA-BILBAO V, BALCELLS-ESPONERA C, HERRANZ BARBERO A, et al. Lung ultrasound for early surfactant treatment: development and validation of a predictive model[J]. *Pediatr Pulmonol*, 2021, 56(2): 433-441.
- [19] BADURDEEN S, KAMLIN C O F, ROGERSON S R, et al. Lung ultrasound during newborn resuscitation predicts the need for surfactant therapy in very- and extremely preterm infants[J]. *Resuscitation*, 2021, 162: 227-235.
- [20] KAYKI G, YIGIT S, TANDIRCI O G L U A, et al. Lung ultrasound (LUS) and surfactant treatment: looking for the best predictive moment[J]. *J Perinatol*, 2021, 41(7): 1669-1674.
- [21] ALKAN S, OZER E A, ILHAN O, et al. Surfactant treatment for neonatal respiratory disorders other than respiratory distress syndrome [J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2015, 28(2): 131-133.
- [22] MACHADO L U, FIORI H H, BALDISSEROTTO M, et al. Surfactant deficiency in transient tachypnea of the newborn[J]. *J Pediatr*, 2011, 159(5): 750-754.
- [23] ZHANG L H, FENG J N, JIN D, et al. Lung ultrasound score as a predictor of ventilator use in preterm infants with dyspnea within 24h after dhospitalization[J]. *Pediatr Neonatol*, 2023, 64(4): 420-427.
- [24] LOUIS D, BELEN K, FAROOQUI M, et al. Prone versus supine position for lung ultrasound in neonates with respiratory distress [J]. *Am J Perinatol*, 2021, 38(2): 176-181.
- [25] GUO B B, WANG K K, XIE L, et al. Comprehensive quantitative assessment of lung liquid clearance by lung ultrasound score in neonates with No lung disease during the first 24 hours [J]. *Biomed Res Int*, 2020, 2020: 6598348.
- [26] ELSAYED Y N, HINTON M, GRAHAM R, et al. Lung ultrasound predicts histological lung injury in a neonatal model of acute respiratory distress syndrome [J]. *Pediatr Pulmonol*, 2020, 55(11): 2913-2923.
- [27] DEMI L, VAN HOEVE W, VAN SLOUN R J G, et al. Determination of a potential quantitative measure of the state of the lung using lung ultrasound spectroscopy[J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1): 12746.
- [28] LIU J, GUO G, KUREPA D, et al. Specification and guideline for technical aspects and scanning parameter settings of neonatal lung ultrasound examination[J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2022, 35(5): 1003-1016.