

支气管肺泡灌洗在治疗重症新生儿肺炎和胎粪吸入综合征中的应用价值*

封在李¹,尹兆青¹,龚靖强¹,万静¹,朱丽宏¹,杨艳娟¹,段正凡²,杨明杰²

(昆明医科大学附属德宏医院/德宏州人民医院:1.新生儿科;2.影像科,云南德宏 678400)

[摘要] **目的** 探索BAL在治疗重症新生儿肺炎(PN)、胎粪吸入综合征(MAS)中的应用价值。**方法** 选取2018年3月至2020年10月该院收治的重症PN患儿60例、MAS患儿65例为研究对象。两种疾病分为肺表面活性物质(PS)灌洗组、生理盐水(NS)灌洗组、无灌洗组,采用肺脏超声(LUS)进行肺部疾病影像学检查、监测。比较重症PN、MAS患儿各组间肺复张时间、有创呼吸机治疗时间、第1次撤机成功率、存活率,气漏、肺出血等并发症发生情况,治疗前、治疗后第1、12、24小时氧合指数(OI)。**结果** 重症PN、MAS患儿PS灌洗组肺复张时间、有创呼吸机治疗时间较NS灌洗组、无灌洗组短,NS灌洗组较无灌洗组短,差异有统计学意义($P<0.05$);各组间第1次撤机成功率、存活率差异无统计学意义($P>0.05$);PS灌洗组OI较NS灌洗组、无灌洗组降低,NS灌洗组较无灌洗组降低,差异有统计学意义($P<0.05$);各组并发症发生率比较差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论** BAL治疗重症PN、MAS有效,外源性PS灌洗优于NS灌洗。

[关键词] 婴儿,新生;新生儿肺炎;胎粪吸入综合征;支气管肺泡灌洗;肺脏超声

[中图分类号] R722.19 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2022)13-2184-05

Application value of bronchoalveolar lavage in treating severe neonatal pneumonia and meconium aspiration syndrome*

FENG Zaili¹, YIN Zhaoqing¹, GONG Jingqiang¹, WAN Jing¹, ZHU Lihong¹,
YANG Yanjuan¹, DUAN Zhengfan², YANG Mingjie²

(1. Department of Neonatology; 2. Department of Imaging, Affiliated Dehong Hospital/Dehong Prefecture People's Hospital of Kunming Medical University, Dehong, Yunnan 678400, China)

[Abstract] **Objective** To explore the application value of bronchoalveolar lavage(BAL) in treating severe pneumonia of newborns (PN) and meconium aspiration syndrome(MAS). **Methods** Sixty children patients with severe PN and 65 children patients with MAS in this hospital from March 2018 to October 2020 were selected as the research subjects. The patients with two diseases were randomly divided into the pulmonary surfactant (PS) lavage group, normal saline (NS) lavage group, normal saline (NS) lavage group and non-lavage group. The lung ultrasound (LUS) was adopted to conduct the lung disease imaging examination and monitor. The pulmonary reexpansion time, invasive ventilator treatment time, success rate of the first ventilator withdrawal, survival rate, occurrence of complications such as air leak and pneumorrhagia were compared among the various groups of severe PN and MAS. The oxygenation indexes (OI) before treatment and at 1, 12, 24 h after treatment were compared. **Results** The pulmonary reexpansion time and invasive ventilator treatment time of the PS lavage group among the children patients with severe PN and MAS were shorter than those of the NS lavage group and non-lavage group, the NS lavage group was shorter than the non-lavage group, and the differences were statistically significant ($P<0.05$). The success rate of the first ventilator withdrawal and survival rate had no statistical difference among the various groups ($P>0.05$). The OI level in the PS lavage group was decreased compared with that in the NS lavage group and non-lavage group and the NS lavage group was decreased compared with the non-lavage group, and the differences were statistically significant ($P<0.05$). There was no statistically significant difference in the occurrence rate of complications

* 基金项目:国家自然科学基金项目(81960290);云南省教育厅科学研究基金项目(2019J1316);德宏州人民医院(昆明医科大学附属德宏医院)科学研究基金项目(2022DY008);云南省科技厅科技计划项目(202201AY070001-220)。 作者简介:封在李(1984—),副主任医师,硕士,主要从事新生儿呼吸系统疾病诊治研究。

among the various groups ($P > 0.05$). **Conclusion** BAL is effective in the treatment of severe PN and MAS. The exogenous PS lavage is superior to the NS lavage.

[Key words] infant, newborn; neonatal pneumonia; meconium aspiration syndrome; bronchoalveolar lavage; lung ultrasound

重症新生儿肺炎(PN)、胎粪吸入综合征(MAS)的肺脏超声(LUS)影像以肺实变、肺不张为主,治疗目的为肺复张。有研究提示支气管肺泡灌洗术(BAL)治疗新生儿肺实变、肺不张有效,但相关研究较少。本研究探讨 BAL 在治疗 PN、MAS 中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2018 年 3 月至 2020 年 10 月本院收治的重症 PN 患儿 60 例、MAS 患儿 65 例为研究对象,LUS 进行肺部疾病影像学检查、监测。诊断标准:疾病诊断依据第五版《实用新生儿学》,LUS 诊断依据《新生

儿肺脏疾病超声诊断学》和《新生儿肺脏疾病超声诊断指南》^[1-3]。纳入标准:重症 PN 患儿,日龄 < 28 d,需要有创机械辅助通气,LUS 显示肺实变、肺不张 ≥ 2 肋间隙,符合重症 PN 临床诊断;MAS 患儿,日龄 < 24 h,需要有创机械辅助通气,LUS 显示肺实变、肺不张 ≥ 2 肋间隙,符合 MAS 临床诊断。排除标准:复杂先天性心脏病;II ~ IV 级颅内出血;膈疝、膈膨升;血友病、Vit K1 缺乏性出血;肺隔离症;肺出血。本研究经医院医学伦理委员会批准[DHZYLL2018011],患儿监护者签署知情同意书。2 种疾病按照治疗方式分为肺表面活性物质(PS)灌洗组、生理盐水(NS)灌洗组、无灌洗组,一般资料见表 1、2。

表 1 重症 PN 患儿一般资料比较

组别	PS 灌洗组($n=19$)	NS 灌洗组($n=21$)	无灌洗组($n=20$)	F/χ^2	P
男(n)	10	9	9	0.382	0.536
孕周($\bar{x} \pm s$,周)	39.26 \pm 2.07	39.64 \pm 2.57	40.16 \pm 2.87	0.622	0.540
出生体重($\bar{x} \pm s$,kg)	2.98 \pm 0.77	3.03 \pm 0.66	3.18 \pm 0.43	0.532	0.590
日龄($\bar{x} \pm s$,d)	13.91 \pm 5.02	14.51 \pm 4.92	14.88 \pm 4.88	0.190	0.826
剖宫产(n)	6	5	6	0.000	1.000
PS 使用($\bar{x} \pm s$,次)	1.11 \pm 0.32	1.10 \pm 0.30	1.40 \pm 0.68	2.667	0.078
联合 iNO 治疗(n)	1	1	2	0.000	1.000
CRRT(n)	1	1	2	0.000	1.000

iNO:吸入一氧化氮;CRRT:连续性肾脏替代治疗。

表 2 MAS 患儿一般资料比较

组别	PS 灌洗组($n=20$)	NS 灌洗组($n=21$)	无灌洗组($n=24$)	F/χ^2	P
男(n)	13	11	12	0.672	0.415
孕周($\bar{x} \pm s$,周)	40.10 \pm 1.64	40.90 \pm 1.84	41.10 \pm 1.24	2.378	0.101
出生体重($\bar{x} \pm s$,kg)	3.95 \pm 0.35	3.80 \pm 0.35	4.02 \pm 0.21	2.711	0.074
日龄($\bar{x} \pm s$,h)	5.30 \pm 1.52	4.41 \pm 2.51	5.79 \pm 1.95	2.608	0.081
剖宫产(n)	3	3	5	0.000	1.000
PS 使用($\bar{x} \pm s$,次)	1.60 \pm 0.82	1.62 \pm 0.86	1.75 \pm 0.90	0.201	0.818
联合 iNO 治疗(n)	3	3	4	0.000	1.000
CRRT(n)	0	0	0		

1.2 方法

1.2.1 一般治疗

重症 PN、MAS 患儿有创机械辅助通气采用迈柯唯 Servo-i 呼吸机常频呼吸模式,有创机械通气治疗、有创机械通气联合 iNO 治疗中参数设置、调节按照《小儿机械通气》执行,感染者给予敏感抗生素治疗,严重肾功能损害者给予连续性肾脏替代治疗(CRRT),合并新生儿持续性肺动脉高压(PPHN)者联合 iNO 治疗^[1,4-5]。无灌洗组直接给予外源性 PS 100 mg/kg 气管内滴入治疗。

1.2.2 灌洗治疗方法

(1)灌洗前准备:灌洗前气管导管插管并确认成功,MAS 灌洗前充分吸引胎粪;(2)PS 灌洗组 < 2

kg 患儿给予 NS 1.5 mL, ≥ 2 kg 患儿给予 NS 2.5 mL 灌洗第 1 次;第 2 次使用外源性 PS 50 mg/kg + NS 灌洗,NS 容量与 PS 计算容量相同。NS 灌洗组 < 2 kg 患儿给予 NS 1.5 mL, ≥ 2 kg 患儿给予 NS 2.5 mL 灌洗 2 次;(3)注入灌洗液后保持 2 ~ 5 min,期间给予球囊连接气管导管通气^[6];(4)灌洗中全程监测患儿生命体征,确保患儿无缺氧;(5)灌洗后 PS 灌洗组和 NS 灌洗组在 BAL 治疗后 10 min 内均给予外源性 PS 100 mg/kg 气管内滴入治疗。

1.2.3 治疗随访

灌洗组与无灌洗组在外源性 PS 100 mg/kg 气管内滴入治疗后每 4 小时复查 1 次 LUS,监测肺复张情况,肺复张后及时调整呼吸机参数;当 24 h 仍无明显

肺复张,给予第 2 次外源性 PS 100 mg/kg 气管内滴入治疗;当 48 h 仍无明显肺复张,给予第 3 次外源性 PS 100 mg/kg 气管内滴入治疗。

1.2.4 有创呼吸机撤离指征

(1)导致呼吸衰竭的病因已解除;(2)气道通畅、自主呼吸活跃有力、吸痰耐受;(3)呼吸机参数已较低:吸入氧浓度(FiO_2) $<40\%$,呼吸频率(RR) <15 次/分钟,气道峰压(PIP) <15 cm H_2O ,呼气末正压(PEEP) <4 cm H_2O ,动脉血气分析正常;(4)在较低的呼吸机参数下 LUS 检查连续 2 次提示已肺复张,2 次检查间隔时间 ≥ 4 h。LUS 检查设备为迈瑞便携式彩超 M5T,9M 线阵探头。

1.3 观察指标

比较各组患儿肺复张时间、有创呼吸机治疗时间、第 1 次撤机成功率、氧合指数(OI)变化及并发症发生情况,如气漏、肺出血、心力衰竭、PPHN、肺部感

染、低钙血症、新生儿缺氧缺血脑病(HIE)、弥散性血管内凝血(DIC)、休克。

1.4 统计学处理

采用 SPSS 25.0 统计软件进行分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,多组间比较采用方差分析,两两间比较采用 LSD- t 检验。计数资料以例数或率表示,采用 χ^2 检验或 Fisher's 确切概率法检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

重症 PN、MAS 患儿 PS 灌洗组肺复张时间、有创呼吸机治疗时间较 NS 灌洗组和无灌洗组短,NS 灌洗组较无灌洗组短,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表 3、4。重症 PN、MAS 患儿 PS 灌洗组 OI 较 NS 灌洗组、无灌洗组降低,NS 灌洗组较无灌洗组降低,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表 5、6。

表 3 重症 PN 患儿各组治疗效果比较

项目	PS 灌洗组($n=19$)	NS 灌洗组($n=21$)	无灌洗组($n=20$)	F/χ^2	P
肺复张时间($\bar{x} \pm s, h$)	72.0 \pm 33.6	97.5 \pm 37.5 ^a	144.4 \pm 35.9 ^{ab}	20.679	<0.001
有创呼吸机治疗时间($\bar{x} \pm s, h$)	91.3 \pm 43.7	120.8 \pm 41.4 ^a	166.7 \pm 39.6 ^{ab}	16.368	<0.001
第 1 次撤机成功(n)	16	15	13	0.345	0.557
存活(n)	18	18	17	0.178	0.673
气漏(n)	1	1	2	0.000	1.000
肺出血(n)	1	1	2	0.000	1.000
心力衰竭(n)	2	1	2	0.008	0.928
DIC(n)	1	2	1	0.000	1.000
休克(n)	1	2	1	0.000	1.000

^a: $P < 0.05$,与 PS 灌洗组比较;^b: $P < 0.05$,与 NS 灌洗组比较。

表 4 MAS 患儿各组治疗效果比较

项目	PS 灌洗组($n=20$)	NS 灌洗组($n=21$)	无灌洗组($n=24$)	F/χ^2	P
肺复张时间($\bar{x} \pm s, h$)	78.1 \pm 29.6	104.5 \pm 31.5 ^a	151.4 \pm 32.1 ^{ab}	31.537	<0.001
有创呼吸机治疗时间($\bar{x} \pm s, h$)	101.2 \pm 28.4	128.7 \pm 30.9 ^a	179.3 \pm 29.8 ^{ab}	39.442	<0.001
第 1 次撤机成功(n)	15	15	14	0.067	0.796
存活(n)	19	19	22	0.000	1.000
气漏(n)	2	2	3	0.000	1.000
肺出血(n)	1	2	2	0.000	1.000
PPHN(n)	4	4	5	0.000	1.000
肺部感染(n)	5	7	6	0.344	0.558
低钙血症(n)	2	2	3	0.000	1.000
HIE(n)	1	2	1	0.000	1.000

^a: $P < 0.05$,与 PS 灌洗组比较;^b: $P < 0.05$,与 NS 灌洗组比较。

表 5 重症 PN 患儿各组 OI 比较($\bar{x} \pm s$)

项目	PS 灌洗组($n=19$)	NS 灌洗组($n=21$)	无灌洗组($n=20$)	F	P
治疗前	25.3 \pm 3.7	24.9 \pm 3.8	24.7 \pm 3.9	0.125	0.882
治疗后第 1 小时	16.8 \pm 3.5	16.7 \pm 3.6	19.2 \pm 3.4 ^{ab}	3.272	0.045
治疗后第 12 小时	11.7 \pm 3.1	13.7 \pm 2.9 ^a	16.8 \pm 2.7 ^{ab}	15.364	<0.001
治疗后第 24 小时	8.1 \pm 3.2	10.1 \pm 2.7 ^a	14.2 \pm 3.3 ^{ab}	20.162	<0.001

^a: $P < 0.05$,与 PS 灌洗组比较;^b: $P < 0.05$,与 NS 灌洗组比较。

表6 MAS患儿各组OI比较($\bar{x} \pm s$)

项目	PS 灌洗组(n=20)	NS 灌洗组(n=21)	无灌洗组(n=24)	F	P
治疗前	26.7±4.4	26.2±4.9	26.9±4.2	0.141	0.868
治疗后第1小时	18.8±3.1	18.3±3.6	21.5±3.4 ^{ab}	5.907	0.004
治疗后第12小时	12.3±2.4	14.9±2.5 ^a	16.7±2.3 ^{ab}	18.434	<0.001
治疗后第24小时	7.8±2.7	10.6±2.6 ^a	14.4±3.0 ^{ab}	31.231	<0.001

^a: $P < 0.05$, 与 PS 灌洗组比较; ^b: $P < 0.05$, 与 NS 灌洗组比较。

3 讨 论

重症 PN、MAS 是新生儿呼吸困难、撤机困难、呼吸衰竭的常见原因, LUS 影像均以肺实变、肺不张为主, 仅从 X 线片或 LUS 影像表现难鉴别^[1,7-9]。本研究中使用有创机械辅助通气来保障研究对象肺通气、换气功能, 减轻缺氧对机体的损害。重症 PN、MAS 可导致 PS 产生不足和(或)过度消耗, 研究对象无论是否进行 BAL 都给予治疗剂量的外源性 PS 替代治疗, 外源性 PS 替代治疗能改善肺顺应性, 稳定肺泡内压力, 防止/减轻肺水肿; 外源性 PS 还可参与呼吸道免疫调节, 有利于肺脏疾病治疗, LUS 影像学结果指导 PS 应用具有实时性、可靠性、规范性^[10-11]。判断是否已肺复张通常依靠 X 线片检查, 但存在放射性损伤风险, 近年有学者研究提出可用 LUS 进行肺脏疾病检查^[1,12-15]。LUS 诊断 PN 灵敏度 100%, 特异度 97.2%, 且 LUS 影像学改变可早于其他影像学检查和实验室检查^[16]。LUS 诊断 MAS 灵敏度 90.0%, 特异度 88.9%^[2]。LUS 和 X 线片检查新生儿肺实变、肺不张阳性率无差异, LUS 检查可作为此类疾病的常规、首选检查方法^[1,7,9,16]。研究发现 LUS 还能评估肺实变、肺不张的治疗效果^[1,16-17], 所以, 本研究中把 LUS 应用于重症 PN、MAS 的诊断, 随访肺复张时间, 诊断气漏和肺出血等检查中, 既能实时检查, 明确病情变化, 调整治疗方案, 适时撤机, 明确并发症并及时处理, 又能让患儿避免放射性损伤^[1]。但是, LUS 也存在局限性, 当 LUS 影像与临床表现不一致时需要进行 X 线片、CT、MRI 等检查作为补充^[9,18]。

本研究显示 BAL 治疗重症 PN、MAS 等新生儿肺实变、肺不张有效, BAL 治疗缩短了肺复张时间和有创呼吸机治疗时间, 且 PS 灌洗优于 NS 灌洗, 未增加并发症, 与其他研究报道一致^[6]。BAL 治疗使气道通畅、改善缺氧状态, 有利于肺复张, BAL 治疗过程中要求始终保持患儿经皮血氧饱和度(SpO_2) > 90%^[19]。分析 BAL 的作用^[19-23]: (1) BAL 治疗过程中患儿不适的应激反应刺激使机体通过下丘脑-垂体-肾上腺轴兴奋产生糖皮质激素, 其抗炎作用有利于肺泡复张; (2) BAL 能让炎症、细胞因子稀释, 部分可被灌洗出来, 减少炎症、细胞毒性因子对躯体的损害; (3) BAL 能灌洗出炎症渗出物、水肿液、坏死组织等, 有利于肺泡复张; (4) 灌洗出的灌洗液可供涂片、染色进行病原学检查, 为明确诊断和治疗提供依据。PS 灌洗优于 NS 灌洗的可能原因分析: 在 PS 灌洗过程

中, 部分 PS 作用于肺, 使肺顺应性改变, 呼吸功能随之改变; PS 是一种由 90% 脂类和 10% 蛋白类组成的复杂混合物, 与 NS 相比易与胎粪、炎症渗出物、水肿液、坏死组织等相溶, 灌洗出体外。

OI 是评价呼吸治疗效果的重要指标之一, 本研究中 BAL 治疗重症 PN、MAS 患儿的氧合变化用 OI 来评估。它综合了 FiO_2 、MAP 及 PaO_2 的实测参数, 避免了单一指标评估时的局限性。OI 同时联系了人机两方面, 直接反映了患儿呼吸衰竭程度和呼吸治疗效果^[24]。缺氧性呼吸系统疾病需积极治疗以维持正常氧合, 但细胞内的氧合状况无法直接监测, 所以, 临床上使用 OI 来反映患儿身体的氧合状况。本研究结果显示治疗后 OI 随着治疗时间延长而减小, 且 PS 灌洗组优于 NS 灌洗组, 说明 BAL 治疗能改善氧合和呼吸功能。

本研究为前瞻性研究, 因 X 线片存在放射性损伤, 而重症 PN、MAS 患儿需要反复检查, 所以判断是否已肺复张时本研究使用能实时、动态评估的 LUS 技术; 重症 PN、MAS 治疗引入 BAL 技术, 疗效判断除肺复张时间、有创呼吸机治疗时间外, 还引入了国际儿科常用的 OI, 这是本研究的创新点。本研究为单中心研究, 有一定局限性, 以后将进行多中心、大样本研究。

综上所述, BAL 治疗重症 PN、MAS 有效, 能缩短肺复张时间、有创呼吸机治疗时间, 能让 OI 下降更快, 未增加并发症, 对第 1 次撤机成功率、存活率无影响, 且外源性 PS 灌洗优于 NS 灌洗。

参考文献

- [1] 中华医学会儿科学分会围产医学专业委员会, 中国医师协会新生儿科医师分会超声专业委员会, 中国医药教育协会超声医学专业委员会重症超声学组, 等. 新生儿肺脏疾病超声诊断指南[J]. 中国当代儿科杂志, 2019, 21(2): 105-113.
- [2] 中华医学会儿科学分会围产医学专业委员会, 中国医师协会新生儿科医师分会超声专业委员会, 中国医药教育协会超声医学专业委员会重症超声学组, 等. 新生儿肺脏疾病超声诊断指南[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2018, 33(14): 1057-1064.
- [3] 邵肖梅, 叶鸿瑁, 丘小汕, 等. 实用新生儿学[M].

- 5 版. 北京:人民卫生出版社,2019:395-408.
- [4] ARSLAN Z, KHURRAM M A, SINHA M D. Renal replacement therapy and conservative management: NICE guideline (NG 107) October 2018 [J]. *Arch Dis Child Educ Pract Ed*, 2020, 105(6):352-354.
- [5] KUMAR S S, ALIZA M, NIKHIL N, et al. Pediatric continuous renal replacement therapy (PCRRT) expert committee recommendation on prescribing prolonged intermittent renal replacement therapy (PIRRT) in critically ill children [J]. *Hemodial Int*, 2020, 24(2):237-251.
- [6] LIU J, REN X L, FU W, et al. Bronchoalveolar lavage for the treatment of neonatal pulmonary atelectasis under lung ultrasound monitoring [J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2017, 30(19):2362-2366.
- [7] CHEN S W, WEI F, JING L, et al. Routine application of lung ultrasonography in the neonatal intensive care unit [J]. *Medicine*, 2017, 96(2):e5826.
- [8] 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):432-451.
- [9] 封在李, 尹兆青. 肺脏超声在新生儿肺不张肺实变疾病中的研究进展 [J]. *浙江临床医学*, 2021, 34(3):451-453.
- [10] DAMANI J. A challenging case of dyspnea: acute exogenous lipid pneumonia [J]. *Chest*, 2019, 156(4):A1880.
- [11] BAER B, SOUZA L, PIMENTEL A S, et al. New insights into exogenous surfactant as a carrier of pulmonary therapeutics [J]. *Biochem Pharmacol*, 2019, 164:64-73.
- [12] 封在李, 杨明杰, 段正凡等. 肺脏超声在新生儿肺复张检查和评估撤机中的临床应用价值 [J]. *四川医学*, 2021, 42(10):976-979.
- [13] GAO Y Q, QIU R X, LIU J, et al. Lung ultrasound completely replaced chest X-ray for diagnosing neonatal lung diseases: a 3-year clinical practice report from a neonatal intensive care unit in China [J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2020, 9:1-8.
- [14] SHARMA D, FARAHBAKHS N. Role of chest ultrasound in neonatal lung disease: a review of current evidences [J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2019, 32(2):310-316.
- [15] 封在李, 尹兆青, 段正凡, 等. 肺脏超声在新生儿肺不张疾病检查中的应用价值 [J]. *中国临床新医学*, 2021, 14(1):56-59.
- [16] KUREPA D, ZAGHLOUL N, WATKINS L, et al. Neonatal lung ultrasound exam guidelines [J]. *J Perinatol*, 2018, 38(1):11-22.
- [17] 封在李, 杨晓, 周策勋, 等. 肺脏超声在新生儿肺不张诊断与随访中的应用 [J]. *中国临床研究*, 2021, 34(8):1081-1084.
- [18] HILES M, CULPAN A M, WATTS C, et al. Neonatal respiratory distress syndrome: chest X-ray or lung ultrasound—a systematic review [J]. *Ultrasound*, 2017, 25(2):80-91.
- [19] LIU J, ZHAO H R, WEI H L, et al. Efficacy of bronchoalveolar lavage as adjunct therapy in the treatment of neonatal severe pneumonia: a prospective case-control study [J]. *J Trop Pediatr*, 2020, 66(5):528-533.
- [20] SATISH M, BURNHAM C D, ANDERSON N W, et al. Diagnostic performance of multiplex nucleic acid testing of bronchoalveolar lavage and bronchial wash specimens for respiratory viral pathogens [J]. *J Clin Microbiol*, 2018, 56(10):e00973-18.
- [21] KAMEL T, HELMS J, JANSSEN-LANGENSTEIN R, et al. Benefit-to-risk balance of bronchoalveolar lavage in the critically ill. A prospective, multicenter cohort study [J]. *Intensive Care Med*, 2020, 46(3):463-474.
- [22] HOUDA G, MOUNA M, IMEN S, et al. The utility of bronchoalveolar lavage in the evaluation of interstitial lung diseases: a clinicopathological perspective [J]. *Semin Diagn Pathol*, 2018, 35(5):280-287.
- [23] BARSS L, FRASER K L, KELLY M M, et al. Impact of processing technique on bronchoalveolar lavage cellular analysis [J]. *Eur Respir J*, 2018, 51(3):1701769.
- [24] MUNIRAMAN H K, SONG A Y, RAMANATHAN R, et al. Evaluation of oxygen saturation index compared with oxygenation index in neonates with hypoxemic respiratory failure [J]. *JAMA Netw Open*, 2019, 2(3):e191179.