

· 论著 ·

DOI: 10.3969/j.issn.0253-9802.2024.07.006

肺部超声指导下的体位管理在新生儿感染性肺炎治疗中的应用

杨乔焕[✉], 黄惜华, 梁振宇, 李惠怡, 许德博, 孟琼
(暨南大学附属广东省第二人民医院儿科, 广东 广州 510317)

【摘要】 **目的** 探讨采用肺部超声(LUS)十二分区法指导下的体位管理在新生儿感染性肺炎治疗中的临床应用价值。**方法** 选取76例胎龄>36周且纠正胎龄<44周、临床诊断为新生儿感染性肺炎的患儿为研究对象,将其随机分为LUS指导下的体位管理组(治疗组)和常规体位管理组(对照组)。比较2组患儿干预前、干预后第3日、第7日的LUS变化情况(以LUS十二分区法评分评估)以及氧疗时间、住院时间等。**结果** 2组患儿在干预前背部和肺部LUS评分高于前胸和侧胸评分(P 均<0.05)。干预后第7日,治疗组的背部LUS评分低于对照组(P <0.05),但背部LUS评分高于前胸及侧胸,侧胸LUS评分高于前胸(P 均<0.001)。治疗组干预后第7日的LUS总评分低于对照组(P <0.05),并且低于干预前及干预第3日的LUS总评分(P 均<0.001)。治疗组的住院时间短于对照组(P <0.05)。**结论** LUS十二分区法指导下的体位管理有利于促进新生儿感染性肺炎的恢复,缩短住院时间。

【关键词】 肺部超声; 体位管理; 新生儿感染性肺炎; 新生儿; 超声诊断

Application of positional management guided by lung ultrasonography in the treatment of neonatal infectious pneumonia

YANG Qiaohuan[✉], HUANG Xihua, LIANG Zhenyu, LI Huiyi, XU Debo, MENG Qiong
(Department of Pediatrics, the Affiliated Guangdong Second Provincial General Hospital of Jinan University, Guangzhou 510317, China)

Corresponding author: YANG Qiaohuan, E-mail: yangqh@gdzh.org.cn

【Abstract】 **Objective** To evaluate the clinical application value of positional management guided by 12-zone lung ultrasound (LUS) in the treatment of neonatal infectious pneumonia. **Methods** A total of 76 neonates with a gestational age of >36 weeks and corrected gestational age of <44 weeks, clinically diagnosed with neonatal infectious pneumonia, were selected as the study subjects. They were randomly divided into the LUS-guided positional management group (treatment group) and conventional positional management group (control group). Compare the changes in LUS (assessed by LUS 12-zone score) before the intervention and on the 3rd and 7th days after the intervention, as well as the duration of oxygen therapy and hospital stay, between the two groups of children. **Results** Prior to intervention, the LUS scores in both groups were significantly higher than those of the anterior and lateral chest (all P < 0.05). On 7th day after the intervention, the LUS scores of dorsal in the treatment group were significantly lower than those in the control group (P < 0.05), and in both groups, the LUS scores of dorsal remained significantly higher than those of the anterior and lateral chest (all P < 0.001). Additionally, the LUS scores of chest were significantly higher than those of the anterior chest (P < 0.001). The total LUS score on 7th day after the intervention in the treatment group were significantly lower than that in the control group (P < 0.05), and compared to pre-intervention and the 3rd day after the intervention, the total LUS score in the treatment group showed a significant decrease (both P < 0.001). The length of hospital stay in the treatment group was significantly shorter than that in the control group (P < 0.05). **Conclusion** Positional management guided by 12-zone LUS is beneficial in promoting the recovery from neonatal infectious pneumonia and shortening the length of hospital stay.

【Key words】 Lung ultrasound; Positioning management; Neonatal infectious pneumonia; Newborn; Ultrasound diagnosis

收稿日期: 2024-05-30

基金项目: 广东省医学科技研究基金(A2022327)

作者简介: 杨乔焕, 通信作者, 副主任医师, 研究方向: 危重新生儿的救治及床旁超声在危重新生儿救治中的应用, E-mail: yangqh@gdzh.org.cn

新生儿感染性肺炎 (neonatal infections pneumonia, IPN) 是新生儿的常见病, 约占新生儿呼吸系统疾病的 46.2%^[1]。若 IPN 未能得到及时有效的治疗, 会延长新生儿的住院时间, 还会增加并发症的发生风险, 治疗费用的上升也会加重患儿家庭的经济负担。体位管理是 IPN 治疗的重要环节, 已有研究证实, 科学的体位管理能够降低 IPN 并发症的发生率, 有利于加快患儿的康复速度。然而, 目前尚缺乏统一、标准化的体位管理操作规范, 临床上多依赖于医护人员的经验进行, 个体化体位管理在临床上应用较少^[2]。

肺部超声 (lung ultrasound, LUS) 是一种非侵入性的检查手段, 具有操作方便、快捷、能实时动态地监测肺部病变情况的优点, 近年来 LUS 在新生儿肺部疾病的诊断及评估中得到了广泛应用^[3-6]。LUS 与胸部 X 线诊断肺炎的效能相当, 但灵敏度优于胸部 X 线^[7], 且无辐射风险, 适合于重复检查和动态监测, 因此在新生儿疾病的诊断和治疗中尤具价值。目前国内外的研究显示, 通过采用 LUS 半定量的评分方法, 可以有效辨识肺部感染的范围和病变的严重程度^[8], LUS 已被广泛地应用于对成人呼吸系统疾病的诊断和重症患者的诊疗管理^[9]。但目前在 IPN 中, 尚未见采用 LUS 对其进行体位管理的相关报道。本研究拟通过探讨床旁 LUS 指导下对 IPN 进行个体化体位管理的治疗效果, 为临床提供可靠指导, 同时也为 LUS 在新生儿肺部疾病管理中的应用提供更多的科学依据和实践经验。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选择 2023 年 8 月至 2024 年 4 月在我院新生儿科收治的胎龄 >36 周且纠正胎龄 <44 周、临床诊断为 IPN 的患儿。IPN 的临床诊断依据《实用新生儿学》第 5 版的标准^[10-11]: ①有咳嗽、体温异常、呼吸增快、呼吸呻吟、呼吸暂停或困难等表现; ②肺部听诊呼吸音增粗或闻及明显湿啰音; ③外周血白细胞计数异常 (异常增高或减低)、C-反应蛋白水平增高, 伴或不伴血培养阳性。胸部 X 线有以下任一表现者: ①双侧肺部见广泛点状浸润影; ②双侧肺部见片状、大小不一、不对称的浸润影, 常伴有肺气肿、肺不张, 偶见大叶实变伴脓胸等; ③双侧肺部弥漫性模糊影, 阴影密度

深浅不一; ④双侧肺部门旁及内带肺炎间质索条影, 可伴散在的肺部浸润、明显肺气肿及纵隔疝。IPN 恢复标准为: 症状体征消失, 连续 2 次复查感染指标正常。排除标准: ①存在先天性疾病, 如先天性心脏病、唇腭裂等; ②伴有颅内出血、严重贫血、严重缺氧缺血性脑病; ③严重的出生窒息, 伴有败血症或其他严重的病理情况, 导致生命体征不稳定; ④需接受气管插管、呼吸机辅助通气; ⑤临床资料严重缺失。

本研究经我院医学伦理委员会审查通过 (批件号: 2023-KY-KZ-057-04), 所有患儿由其监护人签订知情同意书。

1.2 样本量计算及分组

本研究设 LUS 指导下的体位管理组 (治疗组) 和常规体位管理组 (对照组), 样本量依据主要指标为干预后第 7 日的 LUS 总评分, 采用 PASS 22.0 软件进行 2 组均数比较的样本量计算, 依据前期预实验研究结果, 干预后第 7 日的 LUS 总评分在 2 组间的均数差异约为 1.4, 2 组共同标准差约为 2。设定假设检验的 I 类错误 α 为 0.05, 采用双侧检验, II 类错误 β 为 0.2, 2 组样本量之比为 1 : 1, 计算得到 2 组最低样本量为每组 34 例, 设置数据缺失率为 10%, 最终每组样本量各为 38 例、2 组共 76 例。采用随机数表法, 将 76 例研究对象随机分为对照组和治疗组各 38 例。

1.3 集束化管理策略

所有研究对象在给予抗感染治疗的基础上均实施新生儿肺炎治疗的集束化管理策略^[12-14], 观察时间为 7 d。集束化管理策略包括: ①医护人员手卫生管理, 严格遵循手卫生的相关操作要求, 手卫生的 5 个时刻 (接触患儿前、接触患儿后、执行无菌操作前、接触患儿周围环境后以及接触患儿体液、分泌物、排泄物后) 均使用抗菌皂液在流动水下洗手并采用速干手消毒剂消毒手部; ②鼻饲管理, 定期监测需鼻饲喂养患儿的鼻胃管置入深度, 确保在位, 鼻管饲喂养时应监测胃潴留量; ③口腔护理, 采用生理盐水进行, 3 次 / 日; ④体位管理, 对照组接受标准体位管理措施, 包括将床头抬高 15° ~ 30° , 避免误吸、反流, 定期更换体位, 体位变换包括仰卧、左侧卧、右侧卧及俯卧, 每 2 小时调整 1 次。在进行体位变换时, 保持患儿身体轻微弯曲, 髋关节保持中立位置不外翻, 肩部略向前, 头部保持中线位置, 双手保持自然活动状态。治疗组在接受治疗期间, 采用

LUS 指导体位调整。基于对照组的常规体位管理,治疗组每 24 小时进行 1 次 LUS 检查,根据检查结果调整体位管理策略:a.如 LUS 显示某一肺区域出现肺不张、实变或肺水增多,则将患侧卧位时间缩短至 1 h,同时将健侧卧位或俯卧位时间延长至 3 h;b.若 LUS 显示病变主要位于前肺区,则俯卧位时间缩短至 1 h,仰卧位及侧卧位时间相应延长至 3 h;c.若 LUS 显示病变集中在后肺区,则仰卧位和侧卧位时间缩短至 1 h,俯卧位时间延长至 3 h;d.一旦 LUS 显示肺不张、实变得到缓解,肺水基本吸收,则恢复至标准体位管理。

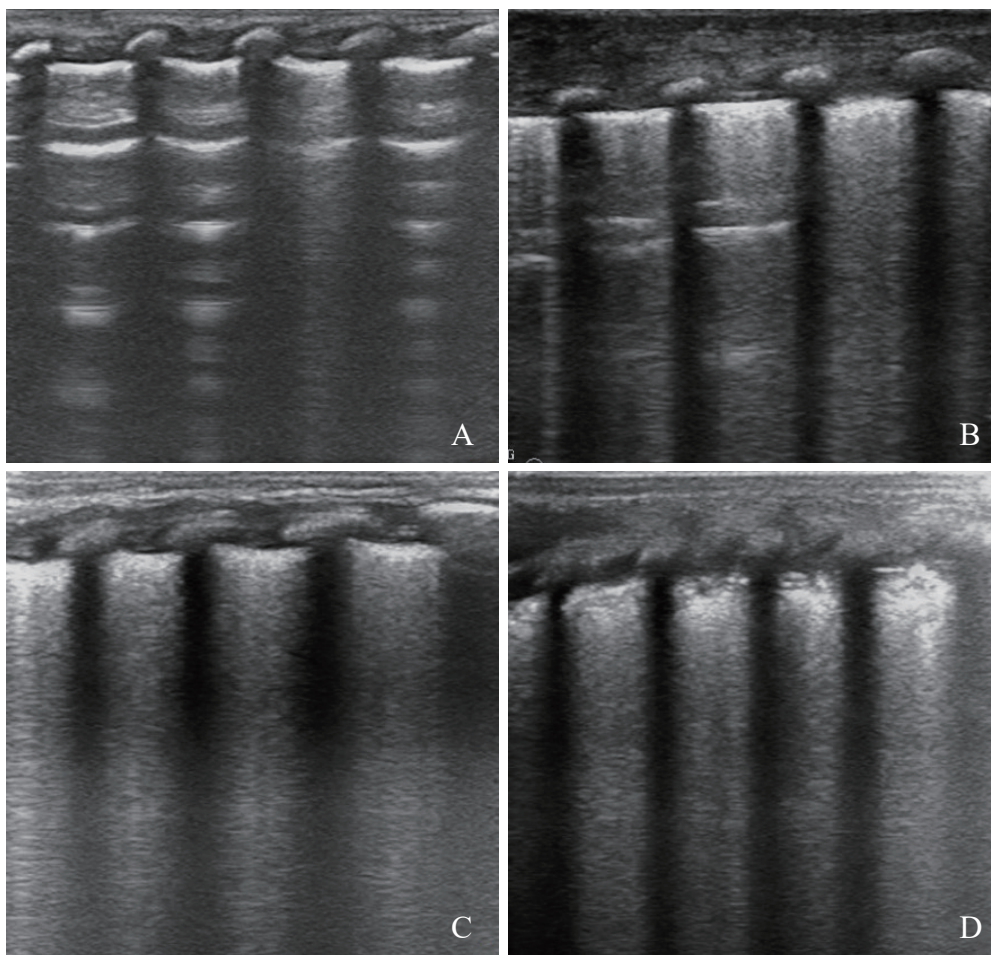
1.4 LUS 检查方法

本研究采用 Philips CX50 型便携式多普勒超声诊断仪, L12-3 线阵探头,频率选择 8~12 MHz,并采用相同的预设仪器设置。

由经过专业 LUS 培训的新生儿科医师在患儿床边对其进行 LUS 检查,具体方法如下:分别采取仰卧位、侧卧位或俯卧位姿势,以腋前线、腋后线为界,将肺脏分为前、侧、后 3 个区域,即双侧肺部共被分为 6 个区域,同时以双侧乳头连线为界,把双侧肺部再分为上下两个部分,即双侧肺部共被分为 12 个区域^[6,15]。对肺部每个区域进行扫查,对异常 LUS 声像图进行保存、记录。根据扫描结果对肺部每个分区进行评分,见图 1。LUS 总评分为 12 个区域的评分总和,共 36 分,评分越高,表示通气面积越少,提示肺部病变越严重。

1.5 临床数据收集

本研究收集以下数据:①临床资料,包括性别、出生胎龄、体质量、生命体征、起病日龄、



注:A为正常肺组织,LUS评分为0分;B为多肋间的稀疏B线,LUS评分为1分;C为“白肺”,LUS评分为2分;D为肺实变伴支气管充气征,LUS评分为3分。

图1 LUS评分示意图

Figure 1 Diagram of LUS scoring

是否需要呼吸支持、并发症等；② LUS 征象观察指标，胸膜线、肺滑动征、A 线、B 线、胸膜下实变、肺不张、肺泡-间质综合征、弥漫性白肺等；③ 干预前及干预后第 3、7 日的 LUS 评分；实验对象的 IPN 恢复时间、住院时间、氧疗时间等情况。

1.6 统计学处理

采用 SPSS 22.0 进行统计分析，符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，不符合正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示。在组间比较时，正态分布计量资料采用 t 检验，非正态分布计量资料采用秩和检验。计数资料以 $n(\%)$ 来表示，组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。组内不同部位和不同时间点的比较采用 Friedman 检验，多重比较检验水准采用 Bonferroni 法进行校正， $P < 0.017$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 治疗组与对照组 IPN 患儿基本特征比较

2 组 IPN 患儿的基线资料比较差异均无统计学意义 (P 均 > 0.05)，见表 1。

2.2 治疗组与对照组 IPN 患儿 LUS 检查结果比较

2.2.1 治疗组与对照组 IPN 患儿干预前、后不同分区 LUS 评分比较

76 例 IPN 患儿首次 LUS 大部分显示胸膜线异常 (74/76)、A 线消失 (70/76)、B 线增多 (75/76)、肺泡-间质综合征 (65/76)、肺实变 (68/76)。IPN 的病情越重，肺实变的累及范围越大，部分患儿出现不同程度的胸腔积液 (12/76)，甚至呈弥漫性白肺表现 (2/76)，均属宫内感染性肺炎。

干预前，2 组患儿首次 LUS 的前胸、侧胸及背部 LUS 评分比较差异均无统计学意义 (P 均 > 0.05)，

2 组患儿的背部 LUS 评分均较前胸或侧胸评分高，提示背部 LUS 评分可能是评估患儿 IPN 肺部变化的指标，见表 2。在干预后第 7 日，治疗组前胸及侧胸的 LUS 评分与对照组比较差异均无统计学意义 (P 均 > 0.05)，背部 LUS 评分则低于对照组 ($P < 0.001$)。2 组患儿侧胸 LUS 评分均较前胸评分高，背部 LUS 评分较前胸及侧胸评分高 (P 均 < 0.001)，见表 2。

2.2.2 治疗组与对照组 IPN 患儿干预前、后 LUS 总评分比较

干预前，2 组患儿 LUS 总评分比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。治疗组干预后第 7 日的 LUS 总评分低于对照组 ($P < 0.05$)。对照组干预后第 7 日的 LUS 总评分低于干预前，治疗组干预后第 7 日的 LUS 总评分低于干预前和干预后第 3 日 (P 均 < 0.001)，见表 3。

2.3 治疗组与对照组 IPN 患儿其他治疗相关情况比较

2 组患儿 IPN 恢复时间和总氧疗时间比较差异均无统计学意义 (P 均 > 0.05)，但住院时间比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$)，见表 4。

3 讨论

近年来，床旁超声在新生儿肺部疾病诊断中的应用越来越广泛，包括对新生儿呼吸窘迫综合征、气胸、新生儿湿肺、新生儿肺炎等肺部疾病的诊断，新生儿 LUS 对 IPN 的诊断准确率和特异度高^[4, 16-17]，其诊断的灵敏度和特异度甚至优于传统的胸部 X 线检查^[18-19]，并有逐步将其替代的趋势^[3, 20]。探讨如何更好地把 LUS 应用于指导新生儿肺部疾病的治疗，提高诊疗水平，是目前临床中关注的焦点问题之一。

目前 IPN 的主要治疗措施包括抗感染、雾

表 1 治疗组与对照组 IPN 患儿的基线资料比较

Table 1 Comparison of baseline data of IPN children in treatment group and control group

组别	性别 / $n(\%)$		出生胎龄 / 周	出生体质量 / g	发病日龄 / d	无创呼吸支持 / $n(\%)$	基础疾病 / $n(\%)$		
	男	女					支气管肺发育不良	出生窒息	小儿动脉导管未闭
治疗组 ($n=38$)	24 (63.2)	14 (36.8)	38.3 \pm 1.1	2 825.8 \pm 808.1	15.0 (10.1, 17.3)	13 (34.2)	5 (13.2)	3 (7.9)	3 (7.9)
对照组 ($n=38$)	22 (57.9)	16 (42.1)	38.6 \pm 1.3	2 858.2 \pm 961.9	13.5 (9.0, 18.3)	11 (28.9)	2 (5.3)	5 (13.2)	6 (15.8)
$\chi^2/t/Z$ 值	0.220		0.995	-0.159	-0.708	0.244	—	—	—
P 值	0.639		0.323	0.874	0.479	0.622	0.430 ^a	0.711 ^a	0.480 ^a

注：^aFisher 确切概率法。

表2 治疗组与对照组 IPN 患儿干预前、后不同分区 LUS 评分比较

Table 2 Comparison of LUS scores of IPN children in treatment group and control group before and after intervention

项目	部位	治疗组 (n=38)	对照组 (n=38)	Z 值	P 值
干预前 (首次) LUS 评分 / 分	前胸	2.0 (1.0, 2.0)	2.0 (1.0, 2.0)	-1.021	0.307
	侧胸	2.0 (2.0, 3.0)	2.0 (2.0, 3.0)	-0.089	0.929
	背部	4.0 (3.8, 5.0) ^{ab}	4.0 (3.0, 5.0) ^{ab}	-1.217	0.426
干预后第 7 日 LUS 评分 / 分	前胸	1.0 (0.0, 1.0)	1.0 (1.0, 2.0)	-1.129	0.475
	侧胸	2.0 (1.0, 3.0) ^a	2.0 (1.0, 3.0) ^a	-1.371	0.512
	背部	2.0 (2.0, 3.0) ^{ab}	3.0 (2.7, 5.4) ^{ab}	-4.643	<0.001

注：干预前，治疗组不同分区 LUS 评分比较的 $\chi^2 = 66.271$ 、 $P < 0.001$ ，对照组 $\chi^2 = 64.172$ 、 $P < 0.001$ ；干预后第 7 日，治疗组不同分区 LUS 评分比较的 $\chi^2 = 35.459$ 、 $P < 0.001$ ，对照组 $\chi^2 = 45.136$ 、 $P < 0.001$ ；与前胸比较，^a $P < 0.017$ ；与侧胸比较，^b $P < 0.017$ 。

表3 治疗组与对照组 IPN 患儿干预前、后 LUS 总评分比较

Table 3 Comparison of total LUS scores of IPN children in treatment group and control group before and after intervention

组别	LUS 总评分 / 分			χ^2 值	P 值
	干预前	干预后第 3 日	干预后第 7 日		
治疗组 (n=38)	8.0 (7.0, 10.0)	7.8 (6.0, 9.0)	5.0 (3.8, 6.3) ^{ab}	58.895	<0.001
对照组 (n=38)	9.0 (7.0, 12.0)	7.0 (6.0, 8.3)	6.5 (5.0, 8.0) ^a	41.235	<0.001
Z 值	-0.916	-0.604	-2.290		
P 值	0.360	0.546	0.022		

注：^a与干预前比较，^b与干预后第 3 日比较， $P < 0.017$ 。

表4 治疗组与对照组 IPN 患儿其他治疗相关情况比较

Table 4 Comparison of other treatment-related conditions of IPN children in treatment group and control group

组别	IPN 恢复时间 /d	总氧疗时间 /d	住院时间 /d
治疗组 (n=38)	9.0 (8.0, 11.0)	2.0 (1.0, 3.0)	10.0 (8.3, 12.0)
对照组 (n=38)	9.0 (8.0, 10.3)	2.0 (1.0, 3.3)	11.0 (10.0, 12.5)
Z 值	-0.548	-0.415	-1.978
P 值	0.584	0.678	0.048

化、氧疗、肺部物理治疗（体位引流、胸部叩击）等^[10]。体位管理是体位引流的重要组成部分，通过定时改变体位的方法，促使患儿肺分泌物从小支气管向大支气管引流，有利于肺的扩张和改善氧合^[10]。研究显示，在成人呼吸系统疾病的治疗过程中，采用 LUS 有助于更为精准地对患者实施体位管理，促进患者康复^[9]。目前，IPN 的体位管理主要依据胸部 X 线检查结果进行，但新生儿胸部 X 线片多为前后正位片，不能精确定位肺实变位置，且由于胸部 X 线检查具有放射性，新生儿对放射线毒性尤为敏感，过多的暴露可能会增加恶性肿瘤的发病率^[21-22]，因此相较于成人，新生儿更需要无辐射暴露的检查方法^[23]。目前多项研究均表明，床旁超声可有效减少新生儿的 X 线暴露^[24]。床旁超声具有操作便捷、动态、实时、无辐射、易重复，准确性不低于胸部 X 线检查等优

点^[25]，因而可以在不同时间点多次对 IPN 患儿进行检查，确定肺实变或肺水最严重的部位^[26]，灵活地进行个体化体位管理，相较于依据胸部 X 线检查进行体位管理的传统方法，更有利于在临床实施。

本研究显示，在干预前，IPN 患儿存在不同程度的胸膜线异常、A 线消失、B 线增多、肺泡-间质综合征、胸腔积液及肺实变等征象，与国内外研究报道一致^[3, 17, 19, 27]，其中 2 例患儿首次 LUS 检查表现为弥漫性“白肺”，均为宫内感染性肺炎患儿，考虑与出生后肺液较多，在肺部感染的情况下合并存在新生儿湿肺有关^[28]，在给予无创辅助通气治疗后，患儿肺部情况均逐渐好转。有研究者发现，采用 LUS 评分对肺部病变进行量化在评估肺部病变程度、预测预后方面均有重要意义^[29-30]。本研究显示，2 组 IPN 患儿背部的 LUS 评分均高

于前胸和侧胸,考虑原因为新生儿日常体位多以平卧位为主,在重力的作用下,背部的通气血流比更低,且各种分泌物易积聚于背部。本研究还显示患儿的LUS评分表现为从前胸、侧胸、背部逐渐增加的现象。因此,采用俯卧位通气在一定程度上有利于促进IPN患儿肺泡复张,改善通气功能,提高肺泡稳定性,改善氧合,促进IPN的恢复。在干预后第7日,治疗组背部LUS评分及LUS总评分均低于对照组,且住院时间短于对照组,提示在常规治疗的基础上采用LUS指导下的体位管理更有利于患儿肺部病变的恢复。在氧疗时间和IPN恢复时间方面,2组无明显差异,考虑可能与样本量较少、部分入组患儿症状相对较轻、整体氧疗时间较短造成的统计偏倚有关,后续可开展更大样本量的多中心随机对照研究,进一步明确LUS指导下的体位管理对IPN患儿氧疗时间和IPN恢复时间的影响。

综上所述,采用LUS十二分区法来指导IPN患儿的个体化体位管理,有利于促进其肺部病变的恢复,缩短住院时间。但本研究存在一定的局限性:首先,新生儿发病的日龄、出生体质量、出生情况、病原菌及其并发症各不相同,不同患儿间的差异较大,可能会增加研究的偏倚程度,对结论的准确性存在一定的影响;其次,本研究未能就IPN患儿中不同病原体的情况进行分层分析,LUS指导下的体位管理效果是否会由于不同病原体感染所致的IPN而存在差异,尚未可知,仍需进一步进行多中心大样本的研究。

参 考 文 献

- [1] 中华医学会儿科学分会新生儿学组. 中国住院新生儿流行病学调查[J]. 中国当代儿科杂志, 2009, 11(1): 15-20. The Subspecialty Group of Neonatologys Pediatric Society Chinese Medical Association. Epidemiologic survey for hospitalized neonates in China[J]. Chin J Contemp Pediatr, 2009, 11(1): 15-20.
- [2] 李变, 杜雪燕, 蒙景雯. 新生儿重症监护病房早产儿体位支持的研究进展[J]. 中华新生儿科杂志, 2022, 37(1): 85-87. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2096-2932.2022.01.023. LI B, DU X Y, MENG J W. Research progress of postural support of premature infants in neonatal intensive care unit[J]. Chin J Neonatol, 2022, 37(1): 85-87. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2096-2932.2022.01.023.
- [3] 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. DOI: 10.7499/j.issn.1008-8830.2019.02.001. Perinatal Medicine Specialty Committee of Pediatrics Branch of Chinese Medical Association, Ultrasound Specialty Committee of Neonatologists Branch of Chinese Medical Doctor Association, Critical Ultrasound Group of Ultrasound Medicine Specialty Committee of Chinese Medical Education Association, et al. Guideline on lung ultrasound to diagnose pulmonary diseases in newborn infants[J]. Chin J Contemp Pediatr, 2019, 21(2): 105-113. DOI: 10.7499/j.issn.1008-8830.2019.02.001.
- [4] 刘从兵, 何金朋, 马建, 等. 高频肺部超声在新生儿肺炎诊断中应用价值分析[J]. 中国超声医学杂志, 2019, 35(5): 405-408. DOI: 10.3969/j.issn.1002-0101.2019.05.007. LIU C B, HE J P, MA J, et al. Analysis of the application value of high frequency pulmonary ultrasound in the diagnosis of neonatal pneumonia[J]. Chin J Ultrasound Med, 2019, 35(5): 405-408. DOI: 10.3969/j.issn.1002-0101.2019.05.007.
- [5] CHIDINI G, RAIMONDI F. Lung ultrasound for the sick child: less harm and more information than a radiograph[J]. Eur J Pediatr, 2024, 183(3): 1079-1089. DOI: 10.1007/s00431-023-05377-3.
- [6] WANG J, WEI H, CHEN H, et al. Application of ultrasonography in neonatal lung disease: an updated review[J]. Front Pediatr, 2022, 10: 1020437. DOI: 10.3389/fped.2022.1020437.
- [7] YANG Y, WU Y, ZHAO W. Comparison of lung ultrasound and chest radiography for detecting pneumonia in children: a systematic review and meta-analysis[J]. Ital J Pediatr, 2024, 50(1): 12. DOI: 10.1186/s13052-024-01583-3.
- [8] LA REGINA D P, BLOISE S, PEPINO D, et al. Lung ultrasound in bronchiolitis[J]. Pediatr Pulmonol, 2021, 56(1): 234-239. DOI: 10.1002/ppul.25156.
- [9] CHEEMA MRS. Letter to the editor: "Lung ultrasound to predict gas-exchange response to prone positioning in COVID-19 patients: a prospective study in pilot and confirmation cohorts" [J]. J Crit Care, 2023, 77: 154320. DOI: 10.1016/j.jcrc.2023.154320.
- [10] 邵肖梅, 叶鸿瑁, 丘小汕. 实用新生儿学[M]. 5版. 北京: 人民卫生出版社, 2019. SHAO X M, YE H M, QIU X S. Practical Neonatology[M]. 5th Ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2019.
- [11] 陈慧敏, 霍亚玲, 冯云, 等. 肺脏超声在新生儿感染性肺炎诊断及随访中的应用价值[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2021, 19(2): 172-174. DOI: 10.3969/j.issn.1672-0512.021.02.020. CHEN H M, HUO Y L, FENG Y, et al. Value of lung ultrasonography in the diagnosis and follow-up of neonatal infectious pneumonia[J]. Chin Imag J Integr Tradit West Med, 2021, 19(2): 172-174. DOI: 10.3969/j.issn.1672-0512.021.02.020.
- [12] 胡晓静, 朱晓婷, 郑如意, 等. 基于证据的预防呼吸机相关性肺炎集束化策略在新生儿的临床应用[J]. 中华新生儿科杂志(中英文), 2018, 33(5): 334-338. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2096-2932.2018.05.004.

- HU X J, ZHU X T, ZHENG R Y, et al. Applying evidence-based prevention bundle strategies of ventilator-associated pneumonia in ventilated neonates [J]. *Chin J Neonatol*, 2018, 33 (5): 334-338. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2096-2932.2018.05.004.
- [13] 金向群, 陆瑶, 明申秋. 呼吸机集束化综合管理在预防新生儿呼吸窘迫综合征 VAP 中的应用 [J]. *齐鲁护理杂志*, 2021, 27 (17): 130-133. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7256.2021.17.047.
- JIN X Q, LU Y, MING S Q. Application of ventilator cluster comprehensive management in preventing neonatal respiratory distress syndrome VAP [J]. *J Qilu Nurs*, 2021, 27 (17): 130-133. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7256.2021.17.047.
- [14] 马金红, 李梦娇, 高媛媛, 等. 集束化呼吸道护理对新生儿肺炎血气指标及临床症状的影响 [J]. *临床与病理杂志*, 2021, 41 (12): 2936-2940. DOI: 10.3978/j.issn.2095-6959.2021.12.030.
- MA J H, LI M J, GAO Y Y, et al. Effect of cluster respiratory nursing on the blood gas index and clinical symptoms of neonatal pneumonia [J]. *J Clin Pathol Res*, 2021, 41 (12): 2936-2940. DOI: 10.3978/j.issn.2095-6959.2021.12.030.
- [15] 亚太卫生健康协会儿科医学分会, 亚太卫生健康协会儿科医学分会重症超声医学专业委员会, 世界重症超声联盟中国联盟, 等. 新生儿呼吸窘迫综合征超声诊断与分度专家共识 [J]. *中国小儿急救医学*, 2021, 28 (7): 545-551. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4912.2021.07.001.
- Pediatric Branch of Asia-Pacific Health and Health Association, Pediatric Branch of Asia-Pacific Health and Health Association Critical Ultrasound Medicine Professional Committee, World Alliance of Critical Ultrasound Chinese Alliance, et al. Expert consensus on ultrasound diagnosis and gradation of neonatal respiratory distress syndrome [J]. *Chin Pediatr Emerg Med*, 2021, 28 (7): 545-551. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4912.2021.07.001.
- [16] 邱如新, 刘敬. 肺脏超声: 新生儿细菌性肺炎的敏感监测手段 [J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2020, 35 (23): 1769-1772. DOI: 10.3760/cma.j.cn101070-20201116-01759.
- QIU R X, LIU J. Lung ultrasound: the sensitive monitoring method for bacterial pneumonia of the newborn [J]. *Chin J Appl Clin Pediatr*, 2020, 35 (23): 1769-1772. DOI: 10.3760/cma.j.cn101070-20201116-01759.
- [17] MA H R, DENG B Y, LIU J, et al. Lung ultrasound to diagnose infectious pneumonia of newborns: a prospective multicenter study [J]. *Pediatr Pulmonol*, 2023, 58 (1): 122-129. DOI: 10.1002/ppul.26168.
- [18] PEREDA M A, CHAVEZ M A, HOOPER-MIELE C C, et al. Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in children: a meta-analysis [J]. *Pediatrics*, 2015, 135 (4): 714-722. DOI: 10.1542/peds.2014-2833.
- [19] 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: 10.3791/58990.
- [20] 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*, 2022, 35 (18): 3565-3572. DOI: 10.1080/14767058.2020.1830369.
- [21] GARGANI L, PICANO E. The risk of cumulative radiation exposure in chest imaging and the advantage of bedside ultrasound [J]. *Crit Ultrasound J*, 2015, 7 (1): 4. DOI: 10.1186/s13089-015-0020-x.
- [22] SMITH-BINDMAN R. Is computed tomography safe [J]. *N Engl J Med*, 2010, 363 (1): 1-4. DOI: 10.1056/nejmp1002530.
- [23] KARTIKESWAR G A P, PARIKH T B, PANDYA D, et al. Ionizing radiation exposure in NICU [J]. *Indian J Pediatr*, 2020, 87 (2): 158-160. DOI: 10.1007/s12098-019-03126-9.
- [24] NEMES A F, TOMA A I, DIMA V, et al. Use of lung ultrasound in reducing radiation exposure in neonates with respiratory distress: a quality management project [J]. *Medicina (Kaunas)*, 2024, 60 (2): 308. DOI: 10.3390/medicina60020308.
- [25] FIRSZT O, GRABOWSKA A, SARAN A, et al. Implementation of a standardized lung ultrasound protocol for respiratory distress in a neonatal intensive care unit: an observational study [J]. *J Perinatol*, 2024. DOI: 10.1038/s41372-024-01900-y.
- [26] LIU J. Lung ultrasonography does not distinguish between interstitial and alveolar pulmonary edema [J]. *Diagnostics (Basel)*, 2024, 14 (3): 324. DOI: 10.3390/diagnostics14030324.
- [27] 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. DOI: 10.1186/s13054-020-2787-9.
- [28] LI C S, CHU S M, LIEN R, et al. Prospective investigation of serial ultrasound for transient tachypnea of the newborn [J]. *Pediatr Neonatol*, 2021, 62 (1): 64-69. DOI: 10.1016/j.pedneo.2020.09.002.
- [29] HUANG P, CHEN D, LIU X, et al. Diagnostic value of bedside lung ultrasound and 12-zone score in the 65 cases of neonatal respiratory distress syndrome and its severity [J]. *Biomed Eng Online*, 2024, 23 (1): 29. DOI: 10.1186/s12938-024-01224-0.
- [30] HUANG C, ZHANG S, HA X, et al. The value of lung ultrasound score in neonatal respiratory distress syndrome: a prospective diagnostic cohort study [J]. *Front Med*, 2024, 11 : 1357944. DOI: 10.3389/fmed.2024.1357944.

(责任编辑: 洪悦民)