

· 临床研究 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2024.06.017

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20240119.1506.008\(2024-01-22\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20240119.1506.008(2024-01-22))

俯卧位通气对 28 周及以上早产儿呼吸功能的影响*

高卓怡,段江[△],梁琨,钟庆华,齐志业,杨丽,谢云波,孙冬梅,刘思宇,范宝文,汤潇潇
(昆明医科大学第一附属医院儿科/新生儿重症监护室,昆明 650032)

[摘要] **目的** 探讨俯卧位通气对 ≥ 28 周早产儿呼吸功能的影响。**方法** 选取 2021 年 6 月 1 日至 2022 年 1 月 31 日该院儿科收治的因呼吸功能障碍需呼吸机支持的 75 例早产儿为研究对象,按照随机信封法分为仰卧位组(41 例)与俯卧位组(34 例),俯卧位组每 8 小时为 1 次治疗单元,其中 2 h 俯卧位通气,其余干预同仰卧位组,循环至撤离所有呼吸支持。分别于出生后 <24 h、 $24\sim <48$ h、 $48\sim <72$ h 和 $72\sim <96$ h 进行肺部超声评分(LUSsc),同时采集呼吸支持、早产儿相关并发症等相关临床参数。**结果** 第 1~3 次 LUSsc 与新生儿紧急生理学评分-II (SNAP-II)呈正相关($P<0.05$),第 2~4 次 LUSsc 与总呼吸支持时长、总吸氧时长、家庭氧疗呈正相关($P<0.05$)。不同时间同组 LUSsc 比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。与俯卧位组比较,仰卧位组第 2~4 次 LUSsc 更高,差异有统计学意义($P<0.05$)。两组新生儿晚发性败血症(LOS)、脑室内出血(IVH)、宫外生长发育迟缓(EUGR)、喂养不耐受(FI)、新生儿坏死性小肠结肠炎(NEC)发生率比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 俯卧位通气能促进 ≥ 28 周早产儿肺部病变吸收,改善呼吸功能,并不会增加并发症及不良事件发生风险。

[关键词] 早产儿;机械通气;俯卧位;肺部超声评分;并发症

[中图法分类号] R722.6 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2024)06-0896-05

Effect of prone position ventilation on respiratory function in premature infants born at 28 weeks of gestational age or more*

GAO Zhuoyi, DUAN Jiang[△], LIANG Kun, ZHONG Qinghua, QI Zhiye, YANG Li,
XIE Yunbo, SUN Dongmei, LIU Siyu, FAN Baowen, TANG Xiaoxiao

(Department of Pediatrics/Neonatal Intensive Care Unit, First Affiliated Hospital of
Kunming Medical University, Kunming, Yunnan 650032, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the effect of prone position ventilation on respiratory function of premature infants ≥ 28 weeks of gestational age. **Methods** From June 1, 2021 to January 31, 2022, a total of 75 premature infants ≥ 28 weeks of gestational age who needed ventilator support (including invasive and non-invasive ventilation) due to respiratory dysfunction in the pediatrics department of the hospital were selected as the research subjects. They were randomly divided into the supine position group (41 cases) and prone position group (34 cases). The prone position group had two hours of prone position ventilation in the treatment unit every eight hours, and the rest of the interventions were the same as the supine position group, and the cycle operation was performed until weaning. Lung ultrasound score (LUSsc) was performed on all subjects at <24 h, $24\sim <48$ h, $48\sim <72$ h and $72\sim <96$ h after birth, and related clinical parameters such as respiratory support and related complications of premature infants were collected. **Results** The 1st-3rd LUSsc was positively correlated with the neonatal emergency physiology score-II (SNAP-II), $P<0.05$, and the 2nd-4th LUSsc was positively correlated with the total duration of respiratory support, total duration of oxygen inhalation and home oxygen therapy ($P<0.05$). Compared with LUSsc in the same group at different time, the difference was statistically significant ($P<0.05$). Compared with the prone supine group, LUSsc of the supine position group was higher in the 2nd-4th time, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). There was no statistical difference in the incidence of late neonatal septicemia (LOS), intraventricular hemorrhage (IVH), extrauterine growth restriction (EUGR), feeding intolerance (FI) and neonatal necrotiz-

ing enterocolitis (NEC) between the two groups ($P > 0.05$). **Conclusion** Prone position ventilation can promote the absorption of lung lesions in premature infants with gestational age ≥ 28 weeks, improve their respiratory function, and do not increase the risk of complications and adverse events.

[Key words] preterm infant; mechanical ventilation; prone position; lung ultrasound score; complication

早产儿出生时肺结构和功能仍处于发育的关键时期,需在宫外环境中继续发育^[1],但由于肺、胸廓等组织器官结构和功能均未发育完善,加之出生后机械通气带来的容量、压力、高氧及炎症/感染、营养摄入受限等因素影响,导致早产儿早期呼吸衰竭病死率高,远期易发生支气管肺发育不良(bronchopulmonary dysplasia, BPD),引起早产儿致死和致残^[1]。研究发现,俯卧位通过使肺内气体分布更均匀,减少心脏对肺部的压迫,改善肺通气与肺灌注,提高胸廓运动的协调性及维持心肺功能稳定性^[2-3]等机制改善呼吸功能。近年来,俯卧位通气在早产儿中应用的相关研究逐渐增多,有研究表明早产儿俯卧位通气可获得收益^[4-5],但目前在早产儿中应用的收益与风险尚无定论^[6],尤其是缺乏连续、长时段俯卧位通气的临床研究,且缺乏对早产儿肺部病变情况的动态影像学监测报道。在成人有关俯卧位对肺部通气等呼吸功能和肺部病变影响的研究中,采用肺部 CT 观察肺形态学变化是最直接的方法,但对于早产儿而言,CT 辐射剂量较大,且其还面临病情变化迅速、外出检查转运复杂等问题,不利于动态评估。因此常用的影像学方法仍以床旁胸片为主,但摄片难以立体评估俯卧位对肺部各个区域的影响。而肺部超声的发展丰富了新生儿床旁影像学检查的方法,且已有操作性强的临床指南发布^[7],其中的肺部超声评分(pulmonary ultrasound score, LUSsc)将该技术从定性发展为半定量

分析,按照不同的分区及评分标准对患儿肺部评分,可对疾病的严重程度及预后等进行预测分析^[8-9]。虽然 LUSsc 在评估俯卧位通气对肺部病变的影响方面有较大的临床潜力,但临床应用少见。因此,本研究结合 LUSsc,探讨俯卧位通气(含有创及无创通气)对早产儿呼吸功能的影响,为俯卧位通气在早产儿中的运用提供参考,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2021 年 6 月 1 日至 2022 年 1 月 31 日本院儿科收治的因呼吸功能障碍需呼吸机支持的 75 例早产儿为研究对象。纳入标准:(1)因新生儿呼吸功能障碍予以有创或无创通气治疗,且纳入研究前常规仰卧位通气时间 ≤ 6 h;(2)出生胎龄 28~ <37 周的适于胎龄儿(以 Fenton 生长曲线为标准);(3)获得监护人知情同意。排除标准:(1)出生重度窒息;(2)肺出血;(3)气漏综合征;(4)有血流动力学改变的心脏疾病或任何原因引起的休克;(5)严重腹胀或严重呕吐;(6)先天畸形;(7)骨折;(8)任何开放性损伤;(9)家属放弃救治;(10)临床资料不完整。研究对象入院后按照信封法分为仰卧位组(41 例)与俯卧位组(34 例)。两组一般资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性,见表 1。本研究为前瞻性、单中心、随机对照临床试验,通过医院伦理委员会审批,伦理批号:(2022)伦审 L 第 16 号。

表 1 两组一般资料比较

项目	仰卧位组($n=41$)	俯卧位组($n=34$)	$\chi^2/Z/t$	P
性别(男/女, n/n)	20/21	19/15	0.376	0.540
胎龄 $[M(Q_1, Q_3), \text{周}]$	$33^{+4}(31^{+6}, 35)$	$33^{+4}(32^{+1}, 34^{+2})$	-0.043	0.966
新生儿出生体重($\bar{x} \pm s, g$)	$1\ 842.9 \pm 409.5$	$1\ 785.6 \pm 367.4$	-0.538	0.591
5 min Apgar 评分 $[M(Q_1, Q_3), \text{分}]$	$10.0(9.0, 10.0)$	$10.0(9.0, 10.0)$	-1.197	0.231
产前使用糖皮质激素 $[n(\%)]$	36(87.8)	30(88.2)	<0.001	>0.999
使用肺表面活性物质 $[n(\%)]$	5(12.2)	7(20.6)	0.974	0.324
母孕史 $[n(\%)]$				
人工受孕	14(34.1)	12(35.3)	0.011	0.917
剖宫产	23(56.1)	23(67.6)	1.045	0.307
单胎	18(43.9)	15(44.1)	<0.001	0.985
妊娠期糖尿病	13(31.7)	11(32.3)	0.004	0.952
子痫前期	1(2.4)	2(5.9)	0.027	0.868
胎盘早剥	0	2(5.9)	0.730	0.393
胎膜早破	17(41.5)	10(29.4)	1.172	0.279

1.2 方法

1.2.1 体位干预方法

入组后即刻作为起点,俯卧位组左侧卧位 2 h+右

侧卧位 2 h+俯卧位 2 h+仰卧位 1 h(轮替),预留 1 h 用于喂养等护理操作,每 8 小时 1 个循环,干预至撤离所有呼吸支持,观察至患儿出院。俯卧时早产儿的头部

向一侧倾斜(左右交替),身体处于舒适的位置,四肢呈蛙状,床抬高 15°。仰卧位组除将俯卧位 2 h 改为仰卧位 2 h 外,其余护理操作及诊疗计划同俯卧位组。

1.2.2 呼吸机初设参数

根据临床医生的经验等实施无创/有创通气治疗,不设定固定的模式及参数,以氧合改善、呼吸功能稳定为目标;其他治疗及喂养方案按诊疗常规进行。于出生后 <24 h、24~<48 h、48~<72 h、72~<96 h 各进行 1 次 LUSsc。

1.2.3 LUSsc 方法

采用索诺声 mSonicsMU1L 型便携式超声机,

C11x 5~8 MHz 探头,检查前患儿至少保持当前体位 1 h,检查时患儿可仰卧、侧卧或俯卧,对肺脏的每个区域分别进行扫查。按照每侧胸壁以胸骨旁线、腋前线、腋后线及双乳头连线延长线分为前上、前下、腋上、腋下、后上、后下,左右两侧共 12 区^[10]。本试验操作均由同一人完成,对操作者及研究对象实行盲法;图像评分采用双人盲法评分,对同一肺超声图像,由两名医生进行评分,若差距≤2 分则以操作医师评分为主,若差距>2 分则共同商议后取最终评分。参照吴碧君等^[11]评分方法,对肺 12 区进行评分,将每个区的评分相加得到最终评分,见图 1。

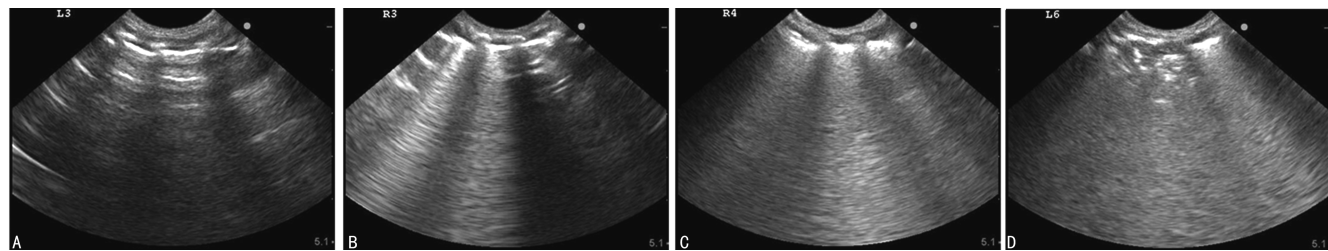


图 1 评分方法
A:0 分,正常通气量,显示 A 线,可出现零星 B 线;B:1 分,中度肺通气减少,包括肺间质综合征、局部的肺水肿(横切面扫查时融合 B 线<扫查肋间隙的 50%)、出现胸膜下实变;C:2 分,重度肺通气减少,即肺泡水肿(横切面扫查时融合的 B 线占据整个肋间隙);D:3 分,肺实变。

图 1 评分方法

1.2.4 样本量计算

研究对象的 LUSsc 为观测的主要结局指标之一,根据预实验结果,仰卧位组生后第 4 次 LUSsc 平均为 (4.40±1.08) 分,俯卧位组生后第 4 次 LUSsc 预计下降 1.70 分,设双侧 $\alpha=0.05$,把握度为 90%。根据以下公式计算样本量:

$$n = \frac{2(z_{\alpha} + z_{\beta})^2 * \sigma^2}{\sigma^2} \quad \text{①}$$

可得 $n=22$ 例,考虑到 1:1 随机化分组,即各组需研究对象各 22 例,考虑 20% 失访及拒访的情况,最终每组至少需要研究对象 27 例,共纳入至少 54 例研究对象。

1.2.5 观察指标

(1)相关性:分析 LUSsc 与呼吸功能[新生儿紧急生理学评分-II(score for neonatal acute physiology, SNAP-II)、总呼吸支持时长、总吸氧时长、家庭氧疗]的相关性;(2)LUSsc:比较两组不同时间 LUSsc;(3)并发症发生情况:比较两组新生儿晚发性败血症(late-onset

sepsis, LOS)、脑室内出血(intraventricular hemorrhage, IVH)、宫外生长发育迟缓(extrauterine growth restriction, EUGR)、喂养不耐受(feeding intolerance, FI)、新生儿坏死性小肠结肠炎(necrotizing enterocolitis, NEC)发生情况。

1.3 统计学处理

采用 SPSS25.0 软件进行数据分析,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,比较采用 t 检验或方差分析,并进行 Bonferroni 矫正;不符合正态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,比较采用秩和检验;计数资料以例数或百分比表示,比较采用 χ^2 检验;Spearman 分析相关性,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 LUSsc 与呼吸功能的相关性分析

第 1~3 次 LUSsc 与 SNAP-II 呈正相关($P<0.05$),第 2~4 次 LUSsc 与总呼吸支持时长、总吸氧时长、家庭氧疗呈正相关($P<0.05$),见表 2。

表 2 LUSsc 与呼吸功能的相关性分析($n=54$)

LUSsc	LUSsc 完成时间[M(Q ₁ , Q ₃), h]	相关性(r)				
		呼吸评分	SNAP-II	总呼吸支持时长	总吸氧时长	家庭氧疗
第 1 次	9.8(5.8, 16.5)	0.172	0.441 ^a	0.095	0.191	0.043
第 2 次	34.7(28.5, 40.5)	-0.015	0.290 ^a	0.269 ^a	0.346 ^a	0.224 ^a
第 3 次	56.0(50.7, 67.0)	-0.006	0.265 ^a	0.357 ^a	0.471 ^a	0.324 ^a
第 4 次	81.3(75.8, 89.8)	-0.014	0.218	0.399 ^a	0.538 ^a	0.391 ^a

^a: $P<0.05$ 。

2.2 两组 LUSsc 比较

不同时间同组 LUSsc 比较,差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。与俯卧位组比较,仰卧位组第 2~4 次 LUSsc 更高,差异有统计学意义 ($P < 0.05$),见表 3。

表 3 两组 LUSsc 比较 ($\bar{x} \pm s$,分)

LUSsc	仰卧位组(n=41)	俯卧位组(n=34)	t	P
第 1 次	8.8±5.2	8.9±5.1	-0.069	0.946
第 2 次	7.7±4.7	3.7±2.7	4.449	0.001
第 3 次	6.3±4.6	2.9±3.1	3.665	0.001
第 4 次	5.2±4.6	2.5±2.3	3.095	0.003
F	32.862	43.841		
P	0.001	0.001		

2.3 两组并发症发生情况比较

两组 LOS、IVH、EUGR、FI、NEC 发生率比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$),见表 4。

表 4 两组并发症发生情况比较[n(%)]

项目	仰卧位组(n=41)	俯卧位组(n=34)	χ^2	P
LOS	8(19.5)	3(8.8)	0.950	0.330
IVH	12(29.3)	13(38.2)	0.673	0.412
EUGR	7(17.1)	10(29.4)	1.614	0.201
FI	6(14.6)	6(17.6)	0.126	0.732
NEC	0	0		

3 讨论

有研究表明,俯卧位使肺部通气及垂直胸膜压力梯度更均匀,改善通气/血流及胸廓运动的协调性,减少腹部内容物及心脏的压迫,增加动-静态胸壁顺应性,减少肺弹性阻力,维持稳定的心肺功能,进而改善肺功能^[12],目前在临床中应用广泛。研究显示,LUSsc 与氧合状态密切相关,可以判断撤离呼吸机时间^[13],评估是否需要肺表面活性物质^[14],可预测支气管肺发育不良^[15]。

本研究结果显示,LUSsc 与患儿呼吸功能情况及疾病严重程度密切相关。第 1~3 次 LUSsc 与 SNAP-II 呈正相关,至第 4 次 LUSsc 时无相关性,这可能与 SNAP-II 是在出生后 12 h 内完善有关,其主要反映患儿在入院 12 h 内的病情严重程度及死亡风险^[16]。对于呼吸功能的中长期指标而言,LUSsc 与总呼吸支持时长、总吸氧时长及家庭氧疗呈正相关。故推论早产儿出生 24 h 后的 LUSsc 与患儿呼吸功能相关,具有预测疾病的严重程度及预后的价值,可以在临床医生和父母沟通病情及预后时提供依据,为临床医生制订早期干预策略提供参考价值。

动物实验显示,对新生猪崽进行 LUSsc,肺部损伤后 15 min 即可检测到与血管外肺水增加相关的垂直高回声 B 线,这与静态肺顺应性下降一致,并在功能障碍(如低氧血症)开始之前就能观测到^[17]。研究

表明,以 B 线决定 LUSsc 作为半定量指标对肺液评估非常有价值^[13],LUSsc 中 B 线的数量与肺水肿的严重程度呈线性正相关,B 线反映了肺组织病理学异常的严重程度^[18]。本研究结果显示,俯卧位组和仰卧位组的 LUSsc 随着时间推移而逐渐降低,这可能与新生儿肺液逐步清除及通气治疗等措施缓解肺部病变作用有关,且俯卧位组 LUSsc 分数改善程度明显优于仰卧位组,说明俯卧位能明显促进 B 线的吸收,肺泡水肿减轻,肺含气量增加。提示俯卧位通气更有利于肺液吸收及肺部病变改善,从而改善呼吸功能。这与成人俯卧位通气中应用 CT 观测到的肺部病变改变一致^[19]。

既往研究认为,俯卧位是发生婴儿猝死综合征的危险因素^[20],这可能是俯卧位 in 应用过程中临床医生顾虑的问题之一。但现有的综合临床病理和流行病学资料的研究结论表明,热应激、感染、自主神经控制紊乱等可能是婴儿猝死综合征的致病机制^[21]。在本研究中,每个研究对象均在新生儿重症监护室予以严密的心电监测及病情监护,未发生婴儿猝死综合征及其他体位干预不良事件。两组 LOS、IVH、EUGR、FI、NEC 发生率比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

综上所述,相对于仰卧位通气,俯卧位通气的能促进早产儿肺部病变吸收,改善呼吸功能,从而降低出生 24 h 后的 LUSsc,且不会增加早产儿相关并发症及不良事件发生风险。但限于转运风险和放射损伤,本研究未能将肺部 CT 和 LUSsc 进行同步对比,肺部超声仅完成 LUSsc,未进一步对肺部病变类型进行区分,在疾病的诊断和评估方面有欠缺。目前,床旁重症超声应用越来越广泛,是评估病情的有利检查方法,后续研究可具体探讨俯卧位通气对早产儿不同肺部病变类型的影响,可将肺部超声与心脏超声相结合,更全面、客观地评估俯卧位的风险及收益。

参考文献

- JORDAN B K, MCEVOY C T. Trajectories of lung function in infants and children: setting a course for lifelong lung health[J]. *Pediatrics*, 2020, 146(4): e20200417.
- JOHNSON N J, LUKS A M, GLENNY R W. Gas exchange in the prone posture[J]. *Respir Care*, 2017, 62(8): 1097-1110.
- BERG R M G, HARTMANN J P, IEPSEN U W, et al. Therapeutic benefits of proning to improve pulmonary gas exchange in severe respiratory failure: focus on fundamentals of physiology[J]. *Exp Physiol*, 2022, 107(7): 759-770.
- 钟庆华, 段江, 张彩营, 等. 极早产儿俯卧位机械通气对呼吸功能的影响[J]. *中国当代儿科杂志*,

- 2018,20(8):608-612.
- [5] LOI B,REGIROLI G,FOLIGNO S,et al. Respiratory and haemodynamic effects of 6h-pronation in neonates recovering from respiratory distress syndrome, or affected by acute respiratory distress syndrome or evolving bronchopulmonary dysplasia: a prospective, physiological, crossover, controlled cohort study[J]. *EClinicalMedicine*, 2023,55:101791.
- [6] MAY R F,MARTA R I F,ANA D I,et al. Infant position in neonates receiving mechanical ventilation[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2016,11(11):CD003668.
- [7] 刘敬,冯星,胡才宝,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.
- [8] 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.
- [9] SZYMAŃSKI P,KRUCZEK P,HOŹEJOWSKI R,et al. Modified lung ultrasound score predicts ventilation requirements in neonatal respiratory distress syndrome[J]. *BMC Pediatr*, 2021, 21(1):17.
- [10] 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.
- [11] 吴碧君,游楚明,梁振宇,等. 肺超声评分在新生儿呼吸窘迫综合征机械通气撤离中的应用[J]. *中国医学影像学杂志*,2021,29(3):224-228.
- [12] WALTER T,RICARD J D. Extended prone positioning for intubated ARDS;a review[J]. *Crit Care*,2023,27(1):264.
- [13] JIANG Q X,SHI L J,SHEN L Y,et al. Application value of a new lung ultrasound scoring method in neonatal respiratory distress syndrome treatment[J]. *Ultrasound Med Biol*,2022,48(2):275-282.
- [14] POERIO A,GALLETTI S,BALDAZZI M,et al. Lung ultrasound features predict admission to the neonatal intensive care unit in infants with transient neonatal tachypnoea or respiratory distress syndrome born by caesarean section[J]. *Eur J Pediatr*,2021,180(3):869-876.
- [15] RAIMONDI F,MIGLIARO F,CORSINI I,et al. Lung ultrasound score progress in neonatal respiratory distress syndrome[J]. *Pediatrics*, 2021,147(4):e2020030528.
- [16] VAN BEEK P E,ANDRIESEN P,ONLAND W,et al. Prognostic models predicting mortality in preterm infants;systematic review and meta-analysis[J]. *Pediatrics*,2021,147(5):e2020020461.
- [17] 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.
- [18] GUO G,ZHANG X F,LIU J,et al. Lung ultrasound to quantitatively evaluate extravascular lung water content and its clinical significance[J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2022, 35(15):2904-2914.
- [19] FOSSALI T,PAVLOVSKY B,OTTOLINA D,et al. Effects of prone position on lung recruitment and ventilation-perfusion matching in patients with COVID-19 acute respiratory distress syndrome;a combined CT scan/electrical impedance tomography study[J]. *Crit Care Med*, 2022,50(5):723-732.
- [20] BHANDARI A P,NNATE D A,VASANTHAN L,et al. Positioning for acute respiratory distress in hospitalised infants and children[J]. *Cochrane Database Syst Rev*,2012,2012(7):CD003645.
- [21] BACH V,LIBERT J P. Hyperthermia and heat stress as risk factors for sudden infant death syndrome;a narrative review[J]. *Front Pediatr*,2022,10:816136.

(收稿日期:2023-09-18 修回日期:2023-12-22)

(编辑:袁皓伟)