

doi: 10.3969/j.issn.1674-1242.2025.04.014

经鼻 BiPAP 与 NCPAP 治疗对极低出生体重 RDS 儿的疗效临床对比研究

马会强

(开封市妇产医院新生儿科, 河南开封 475000)

【摘要】目的 比较经鼻双水平气道正压通气 (BiPAP) 与经鼻持续气道正压通气 (NCPAP) 治疗对极低出生体重呼吸窘迫综合征 (RDS) 儿的疗效。**方法** 纳入 2021 年 1 月至 2023 年 12 月开封市妇产医院新生儿科收治的 95 例极低出生体重儿为研究对象, 根据不同经鼻气道正压通气方式分为 NCPAP 组 ($n=48$) 和 BiPAP 组 ($n=47$)。比较组间临床指标, 治疗前、治疗 12h 和 24h 后血气指标 [动脉血氧分压 (PaO_2)、动脉血二氧化碳分压 (PaCO_2)、氧合指数 (OI)]、血清炎症指标 [降钙素原 (PCT)、肿瘤坏死因子- α (TNF- α)]。同时记录并发症发生情况, 包括鼻损伤、早产儿视网膜病 (ROP)、支气管肺发育不良 (BPD)、脑室周围白质软化 (PVL)、颅内出血 (IVH)、气漏。**结果** 两组 28 d 内气管插管率比较无差异 ($P<0.05$); NCPAP 组总用氧时间、住院时间长于 BiPAP 组 (均 $P<0.05$)。较治疗前, 两组治疗后 12h、24h 的 PaO_2 、OI 水平升高 (均 $P<0.05$), PaCO_2 水平降低 ($P<0.05$); 且治疗后 12h、24h, BiPAP 组 PaO_2 、OI 水平高于 NCPAP 组, PaCO_2 低于 NCPAP 组 (均 $P<0.05$)。BiPAP 组并发症发生率低于 NCPAP 组 ($P<0.05$)。**结论** 相比 NCPAP, 经鼻 BiPAP 治疗极低出生体重 RDS 儿的疗效较好, 更有利于改善患儿血气指标、减轻炎症, 且能减少并发症的发生。

【关键词】 呼吸窘迫综合征; 极低出生体重; 早产儿

【中图分类号】 R563.8

【文献标志码】 A

文章编号: 1674-1242 (2025) 04-0509-08

A Comparative Study of the Efficacy of Nasal BiPAP versus NCPAP in the Treatment of Respiratory Distress Syndrome in Very Low Birth Weight Preterm Infants

MA Huiqiang

(Department of Neonatology, Kaifeng Maternity and Child Health Care Hospital, Kaifeng, Henan 475000, China)

【Abstract】Objective To compare the efficacy of nasal bi-level positive airway pressure (BiPAP) with nasal continuous positive airway pressure (NCPAP) therapy in very low birth weight infants with respiratory distress syndrome (RDS). **Methods** A total of 95 cases of very low birth weight infants with RDS admitted to Department of Neonatology, Kaifeng Maternity and Child Health Care Hospital from January 2021 to December 2023 were included in the study. The children were divided into the NCPAP group ($n=48$ cases) and the BiPAP group ($n=47$ cases) according to the mode of transnasal positive airway pressure. Clinical indexes were compared between groups, blood gas indexes [partial pressure

收稿日期: 2025-03-16。

作者简介: 马会强 (1973—), 河南开封市人, 本科学历, 主治医师, 从事新生儿呼吸窘迫症和颅内出血研究。邮箱 (E-mail): linjia0815@163.com。

of oxygen in arterial blood (PaO_2), partial pressure of carbon dioxide in arterial blood (PaCO_2), oxygenation index (OI)], serum inflammatory indexes [procalcitonin (PCT), tumor necrosis factor- α (TNF- α)] before treatment, and at 12h and 24h after treatment. The incidence of complications was also recorded, including nasal injury, retinopathy of prematurity (ROP), bronchopulmonary dysplasia (BPD), periventricular leukomalacia (PVL), intraventricular hemorrhage (IVH), and air leakage. **Results** There was no significant difference in the endotracheal intubation rate between the two groups after 28 days ($P>0.05$). The total oxygen consumption time and hospitalization time in the NCPAP group were longer than those in the BiPAP group (all $P<0.05$). Compared with before treatment, the levels of PaO_2 and OI were significantly increased, while PaCO_2 was significantly decreased in both groups at 12h and 24h after treatment (all $P<0.05$). At 12h and 24h after treatment, the PaO_2 and OI values in the BiPAP group were observed to be superior to those in the NCPAP group, while the PaCO_2 levels were noted to be lower (all $P<0.05$). Additionally, the incidence of complications within the BiPAP group was determined to be significantly less than that of the NCPAP group ($P<0.05$). **Conclusion** Compared to NCPAP, the application of nasal BiPAP is more efficacious in the treatment of very low birth weight infants with RDS, thereby facilitating enhanced blood gas parameters, diminishing inflammatory responses, and lowering the incidence of complications.

【Key words】Respiratory Distress Syndrome(RDS); Very Low Birth Weight Preterm Infants; Premature birth

0 引言

呼吸窘迫综合征 (Respiratory Distress Syndrome, RDS) 在早产儿中主要表现为呼吸急促、呻吟、发绀等症状, 严重者可导致进行性呼吸困难。研究发现, 极低出生体重 RDS 儿发病率与胎龄、出生体重显著相关, 出生体重越低, 发病率越高^[1]。在当前的临床实践中, 极低出生体重 RDS 儿的治疗主要依赖呼吸机的机械通气和肺表面活性物质的替代疗^[2-3]。但机械通气有可能导致呼吸机相关性肺损伤, 如容量性损伤和压力性损伤, 甚至导致远期支气管肺发育不良^[4-6]。因此, 选择适宜的呼吸道支持策略成为 RDS 治疗的研究热点。

既往无创通气模式包括经鼻持续正压通气 (Nasal Continuous Positive Airway Pressure, NCPAP) 和双水平正压通气 (Bilevel Positive Airway Pressure, BiPAP) 等^[7]。在 NCPAP 治疗期间, 持续的正压作用有助于肺泡在呼出结束时处于打开状态, 从而促使呼吸功能恢复^[8]。BiPAP 是指在呼吸过程中, 通过两种不同的气道正压交替进行, 高低压之间有规则地变换, 既能保证呼气末正压的有效支撑, 又能防止呼气末肺泡萎缩^[9]。而 BiPAP 治疗能更好地提高极低出生体重 RDS 儿的血气和氧合指数^[10], 提高整体治疗效果, 减少并发症发生风险, 提高安全

性, 具有较高的推广价值。但目前临床对极低出生体重 RDS 儿关于 NCPAP 和 BiPAP 治疗的对比研究仍处于初步探索阶段。为此, 本研究通过对比分析不同经鼻气道正压通气方式 (NCPAP、BiPAP) 治疗极低出生体重 RDS 儿的疗效, 为极低出生体重 RDS 儿的临床治疗提供无创通气模式治疗的实践基础。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究收集了 2021 年 1 月至 2023 年 12 月期间开封市妇产医院新生儿科收治的 95 例 RDS 早产儿资料, 其中 47 例接受经鼻 BiPAP 治疗的极低出生体重 RDS 儿纳入 BiPAP 组, 48 例接受 NCPAP 治疗的极低出生体重 RDS 儿纳入 NCPAP 组。

纳入标准: ①符合极低出生体重 RDS 儿的诊断标准^[11]; ②单胎, 出生胎龄 28 ~ 32 周, 且出生体重 1000 ~ 1500g; ③出生后 6h 胸部 X 线片提示 RDS I ~ III 级, 且出生后 72h 内通气; ④首次接受经鼻气道正压通气; ⑤临床资料保存完整。

排除标准: ①伴有先天性呼吸道畸形、膈疝、气管食管瘘、食道闭锁及先天性心脏病; ②治疗期间死亡; ③因病情严重直接予以气管插管有创机械通气; ④伴有胎粪吸入综合征、颅内出血等疾病; ⑤合并遗传性疾病; ⑥低体温、低血糖、

酸中毒等诱因致病；⑦未能完成治疗，家属主动要求出院。

BiPAP 组：男 22 例，女 25 例；胎龄 28 ~ 32 周，平均胎龄 31.00 (30.00, 32.00) 周；出生体重 1000 ~ 1500g，平均体重 (1301.46 ± 132.25) g。NCPAP 组：男 25 例，女 23 例；胎龄 28 ~ 32 周，平均胎龄 31.00 (30.00, 32.00) 周；出生体重 1000~1500g，平均体重 (1289.35 ± 140.80) g。两组的一般资料比较无显著差异 ($P > 0.05$)，有可比性。

1.2 研究方法

两组极低出生体重 RDS 儿入院后均予心电、血氧饱和度监测生命体征，包括药物、稳定内环境、营养支持、对症支持等治疗，并予外源性肺泡表面活性物质 (Pulmonary Surfactant, PS) 治疗，全部患儿注射用牛肺表面活性剂的使用标准保持一致。操作标准：逐步提升吸入氧浓度 (Fraction of Inspired Oxygen, FiO_2) 至 0.40，维持氧分压 90% ~ 94%，通过气管插管 - 肺表面活性物质 - 拔管 (Intubation-Surfactant-Extubation, INSURE) 技术实施牛肺表面活性剂 (华润双鹤药业股份有限公司，国药准字 H20052128，规格：70mg) 注射，给药剂量 40 ~ 100mg/kg。

两组患儿均在上述常规治疗的基础上予经鼻气道正压通气治疗，美国鸟牌双水平呼吸机 (Infant Flow SiPAP) 通过双鼻塞连接，选择经鼻 BiPAP 或 NCPAP 模式治疗，具体经鼻气道正压通气治疗方法的初始参数设定及撤机标准如下。

(1) NCPAP 模式：流量 4 ~ 8L/min，呼气末正压 (Positive End Expiratory Pressure, PEEP) 5 ~ 7cmH₂O， FiO_2 为 40%。撤机标准：PEEP < 4cmH₂O、 FiO_2 为 < 30%。

(2) 经鼻 BiPAP 模式：呼吸频率 (Respiratory Rate, RR) 为 30 ~ 40 次/min，吸气峰压 (Peak Inspiratory Pressure, PP) 为 16 ~ 18cmH₂O，PEEP 为 4 ~ 5cmH₂O， FiO_2 为 40%。撤机标准：平均气道压 (Mean Airway Pressure, MAP) < 5cmH₂O 或 PEEP < 4cmH₂O、 FiO_2 < 30%。

在此过程中，由专职技术人员密切观察患儿情况，根据患儿血气值及临床表现动态调整，待症状

平稳后，逐渐下调参数、撤机，改鼻导管吸氧。一旦出现病情进展，立即给予气管插管抢救治疗。

1.3 观察指标

分析极低出生体重 RDS 儿的统计资料，记录主要治疗结果指标。具体如下。

1.3.1 临床指标

统计两组极低出生体重 RDS 儿临床指标，主要包括总用氧时间、28d 内气管插管率及住院时间。

1.3.2 血气指标

采集两组患儿治疗前 0.5h、治疗 12h、治疗 24h 的动脉血氧分压 (PaO_2)、动脉血二氧化碳分压 ($PaCO_2$)，记录氧合指数 (Oxygenation Index, OI)， $OI = PaO_2 / \text{吸入氧浓度} \times 100\%$ 。均于治疗前、治疗 12h、治疗 24h，使用雷度公司 ABL70 系列血气分析仪测定患儿的 PaO_2 、 $PaCO_2$ 以及 OI。

1.3.3 血清炎症指标

采集治疗前、治疗 24h 患儿 3mL 外周静脉血为检测标本，经 3500r/min 转速、10cm 离心半径离心 10min 后，取血清，应用乳胶增强免疫比浊法检测降钙素原 (Procalcitonin, PCT)，应用酶联免疫吸附法检测肿瘤坏死因子- α (Tumor Necrosis Factor- α , TNF- α) 表达水平。

1.3.4 并发症发生情况

检查两组极低出生体重 RDS 儿的电子病历系统资料，统计并发症发生情况，包括鼻损伤 (包括鼻中隔损伤、鼻黏膜溃疡、鼻黏膜红肿、鼻前庭狭窄及鼻孔扩大)、早产儿视网膜病 (Retinopathy of Prematurity, ROP)、支气管肺发育不良 (Bronchopulmonary Dysplasia, BPD)、脑室周围白质软化 (Periventricular Leukomalacia, PVL)、颅内出血 (Intraventricular Hemorrhage, IVH)、气漏的发生率。

1.4 统计学方法

本研究采用 SPSS 25.0 统计软件进行数据处理，计量资料经 Shapiro-Wilk 正态分布检验正态性，用 [$M (P_{25}, P_{75})$] 表示偏态分布计量资料，组间比较采用 Mann-Whitney U 检验，符合正态分布的计量资料以 ($\bar{x} \pm s$) 表示，组间比较采用独立样本 t 检验，组内比较采用配对样本 t 检验；计数资料

以 $[n(\%)]$ 表示, 组间比较采用 χ^2 检验, 等级资料采用秩和检验; 以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床指标

两组 28d 内气管插管率比较无显著差异 ($P > 0.05$); 但 NCPAP 组总用氧时间、住院时间长于 BiPAP 组 ($P < 0.05$)。具体数据如表 1 所示。

表 1 两组临床指标比较 ($\bar{x} \pm s$)
Tab.1 Comparison of clinical indicators between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	总用氧时间/d	28d 内气管插管率/%	住院时间/d
NCPAP 组	48	14.96±2.82	10 (20.83)	22.23±3.63
BiPAP 组	47	12.71±2.78	4 (8.51)	19.84±3.48
<i>t</i> / χ^2 值		3.916	2.870	3.275
<i>P</i> 值		0.000	0.090	0.002

2.2 血气指标

两组治疗前 PaO_2 、 PaCO_2 及 OI 水平比较无显著差异 ($P > 0.05$); 治疗 12h、24h 后, 两组 PaO_2 、OI 水平均较治疗前升高, 治疗 24h 较治疗 12h 升高 ($P < 0.05$), 且治疗 12h、24h 后, BiPAP 组 PaO_2 、OI 水平均高于 NCPAP 组 ($P < 0.05$); 治疗 12h、24h 后, 两组患儿的 PaCO_2 水平较治疗前降低, 治疗 24h 较治疗 12h 降低 ($P < 0.05$), 且治疗 12h、24h 后, BiPAP 组 PaCO_2 水平低于 NCPAP 组 ($P < 0.05$)。具体数据如表 2、图 1 ~ 图 3 所示。

2.3 血清炎症指标

治疗 24h 后, 两组 PCT、TNF- α 水平均较治疗前降低, 且 BiPAP 组 PCT、TNF- α 水平均低于 NCPAP 组 ($P < 0.05$)。具体数据如表 3 所示。

2.4 并发症发生情况

BiPAP 组并发症发生率低于 NCPAP 组 ($P < 0.05$)。具体数据如表 4 所示。

表 2 两组血气指标水平比较 ($\bar{x} \pm s$)
Tab.2 Comparison of blood gas index levels between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	$\text{PaCO}_2/\text{mmHg}$		
		治疗前	治疗 12h	治疗 24h
NCPAP 组	48	51.38±6.44	45.80±4.79	41.38±4.20
BiPAP 组	47	50.56±6.40	39.32±4.25	37.44±5.24
<i>t</i> 值		0.622	6.969	4.048
<i>P</i> 值		0.535	0.000	0.000

续表

组别	<i>n</i>	PaO_2/mmHg		
		治疗前	治疗 12h	治疗 24h
NCPAP 组	48	56.30±6.50	75.60±4.90	81.38±4.20
BiPAP 组	47	54.50±6.55	80.26±3.87	83.44±5.20
<i>t</i> 值		1.344	5.621	2.126
<i>P</i> 值		0.182	0.000	0.036

组别	<i>n</i>	OI/%		
		治疗前	治疗 12h	治疗 24h
NCPAP 组	48	153.30±30.50	195.26±17.87	241.38±30.20
BiPAP 组	47	155.50±40.55	224.60±19.90	258.44±34.24
<i>t</i> 值		0.299	7.564	2.574
<i>P</i> 值		0.765	0.000	0.012

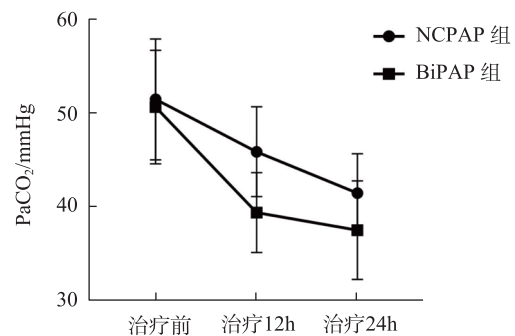


图 1 两组极低出生体重 RDS 儿 PaCO_2 水平折线
Fig.1 Line chart of PaCO_2 levels in very low birth weight preterm infants with RDS from the two groups

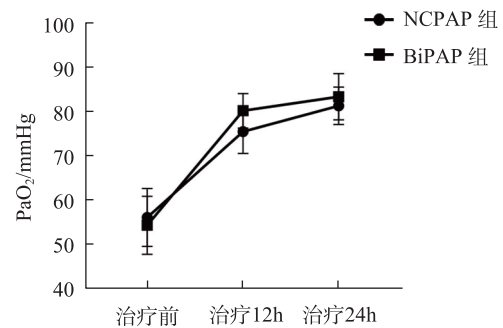


图 2 两组极低出生体重 RDS 儿 PaO_2 水平折线
Fig.2 Line chart of PaO_2 levels in very low birth weight preterm infants with RDS from the two groups

表 3 两组极低出生体重 RDS 儿血清炎症指标水平比较 ($\bar{x} \pm s$)
Tab.3 Comparison of serum inflammatory biomarker levels between two groups of very low birth weight preterm infants with RDS ($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	PCT/(ng/mL)		TNF- α /($\mu\text{g/L}$)	
		治疗前	治疗 24h	治疗前	治疗 24h
NCPAP 组	48	1.10±0.30	0.40±0.10 [#]	15.09±1.58	5.50±1.20 [#]
BiPAP 组	47	1.15±0.24	0.25±0.17 [#]	14.54±1.65	4.80±1.50 [#]
<i>t</i> 值		0.896	5.255	1.660	2.514
<i>P</i> 值		0.373	0.000	0.100	0.014

注: 与同组治疗前比较, [#] $P < 0.05$ 。

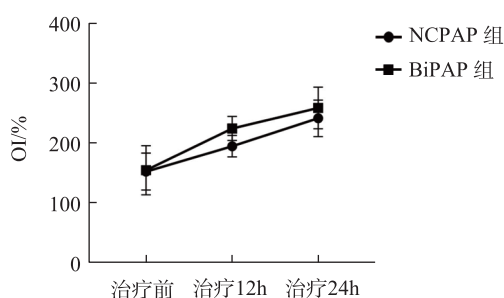


图3 两组极低出生体重 RDS 儿 OI 水平折线
Fig.3 Line chart of OI levels in very low birth weight preterm infants with RDS from the two groups

表4 两组极低出生体重 RDS 儿并发症发生率比较 [n (%)]
Tab.4 Comparison of complication incidence rates between the two groups of very low birth weight preterm infants with RDS [n (%)]

组别	n	鼻损伤	ROP	BPD	PVL	IVH	气漏	总并发症
NCPAP 组	48	3 (6.25)	1 (2.08)	3 (6.25)	1 (2.08)	0	2 (4.17)	10 (20.83)
BiPAP 组	47	1 (2.13)	0	1 (2.13)	0	0	1 (2.13)	3 (6.38)
χ^2 值								4.198
P 值								0.041

3 讨论

极低出生体重 RDS 儿的肺泡结构尚未成熟, 肺泡 I 型上皮细胞分泌的 PS 缺乏, 导致肺顺应性降低和广泛的肺泡萎陷, 从而引发 RDS^[12]。极低出生体重 RDS 儿胸部 X 线会出现透过度降低、肺容积减少等现象, 随着病情进展, 甚至可诱发呼吸衰竭^[13]。文献报道, 在 2525 例新生儿呼吸衰竭中, 早产儿占比可达 82.6%, 且 RDS 是新生儿呼吸衰竭的主要原发疾病, 占比可达 49.0%^[14]。经鼻气道正压通气是一种无创呼吸支持技术, 其可对上气道提供物理性压力支撑, 使口咽部压力升高, 逆转整个咽部的气道跨压倾斜度, 进而减小气道阻力、增加功能残气量、提高氧合和肺容量等^[15-16]。

经鼻气道正压通气模式包括 NCPAP 和经鼻 BiPAP 两种。临床在选择治疗方式时, 通常会基于极低出生体重 RDS 儿的临床表现和治疗反应动态调整。当患儿的 RDS 较为严重时, 可能在治疗早期就需要气管插管^[17]。因此, 即使采用不同的非侵入性通气方式 (如经鼻 BiPAP 或 NCPAP), 当极低出生体重 RDS 儿的病情较为严重时, 气管插管可能仍然不可避免。本研究结果显示, 两组 28d 内气管插管率比较无显著差异, 证明在极低出生体重 RDS 儿的治疗中, 经鼻 BiPAP 与 NCPAP 均有一定

的有效性。然而, 在持续用氧时间和住院时间方面, 本研究发现 NCPAP 患儿需要更长的治疗时间, 这可能与 NCPAP 在吸气和呼气阶段提供相同压力的特点有关。NCPAP 可将压力传送至肺泡, 使已萎陷的肺泡重新扩张, 帮助维持上呼吸道开放, 进而改善肺顺应性, 减少呼吸暂停^[18-19]。虽然 NCPAP 在吸气和呼气阶段提供相同的压力, 有助于稳定患儿的呼吸, 但在呼气相时, NCPAP 可能无法充分改善气道压力, 导致气体交换效率较经鼻 BiPAP 低, 患儿需要更多的氧气支持。然而, 与 NCPAP 不同, 经鼻 BiPAP 通常在吸气时提供较高的压力, 在呼气时则提供较低的压力, 这种呼吸模式更贴合极低出生体重 RDS 儿的肺部生理特点^[20-21]。高吸气压力有助于改善肺部的通气和换气效率, 减少呼吸肌的工作负荷, 低呼气压力有助于肺泡的保持, 帮助肺泡维持扩张, 减少肺泡塌陷, 从而改善气体交换, 减少氧疗时间^[22]。经鼻 BiPAP 疗法不仅能够满足人机同步要求, 而且可以补偿漏气情况^[23], 通常能在短期内更有效地改善气体交换和氧合状态, 缩短极低出生体重 RDS 儿的住院时间, 并减少其对氧气的依赖。

本研究结果还显示, 治疗 12h、24h 后, 两组 PaO₂ 和 OI 水平均较治疗前升高, PaCO₂ 较治疗前降低; 且治疗 24h 后, PaO₂ 和 OI 水平均较治疗 12h 升高, PaCO₂ 较治疗 12h 降低, 说明经鼻 BiPAP 和 NCPAP 两种通气方式均能有效改善极低出生体重 RDS 儿的氧合状态, 减少二氧化碳潴留。随着治疗的持续开展, 经鼻 BiPAP 治疗的患儿氧合状态持续改善, 表现出显著的治疗效果。简单分析原因: 与经鼻 BiPAP 疗法不同, NCPAP 在整个呼吸周期中提供恒定的压力 (通常是较低的压力), 虽然这种方式能减少肺泡塌陷, 但在高需求的情况下 (如极低出生体重 RDS 儿), 其效果不如经鼻 BiPAP 疗法灵活; 在呼气阶段, NCPAP 压力的持续可能不足以完全维持肺泡扩张, 导致气体交换效率略低, 因此该疗法下极低出生体重 RDS 儿的氧合和二氧化碳排除效果可能不如经鼻 BiPAP 疗法。

血清 PCT、TNF- α 均为炎症指标, 两者水平的变化反映了机体的炎症状态。既往研究指出,

炎症与极低出生体重 RDS 儿的病情有关,血清 PCT、TNF- α 水平变化与 RDS 病情存在正相关关系^[24-25]。故探究经鼻 BiPAP 与 NCPAP 对极低出生体重 RDS 儿血清 PCT、TNF- α 水平的影响,对于深入理解这两种通气方式的疗效差异具有重要意义。本研究结果显示,治疗 24h 后,两组 PCT、TNF- α 水平均较治疗前降低,表明经鼻 BiPAP 和 NCPAP 均能减轻极低出生体重 RDS 儿的炎症反应。然而,BiPAP 组 PCT、TNF- α 水平均低于 NCPAP 组,这可能与经鼻 BiPAP 在改善气体交换、减少呼吸机工作负荷方面的优势有关,在使用 PS 抑制炎症的基础上,经鼻 BiPAP 可进一步改善氧合和通气管理,减少因低氧血症引起的氧化应激,从而减轻炎症反应。本研究结果还显示,BiPAP 组并发症发生率低于 NCPAP 组,说明经鼻 BiPAP 疗法在临床应用中有更高的安全性和有效性。这可能是因为 NCPAP 疗法的持续正压导致鼻腔局部压力较高,从而增加鼻中隔损伤、鼻黏膜红肿和溃疡的风险;而经鼻 BiPAP 疗法的压力波动模式减少了持续性压力,降低了局部损伤的发生率;同时,双水平压力支持更接近自然呼吸的压力波动,能够更好地模拟自然呼吸模式,减少患儿对呼吸机的依赖,从而降低呼吸机相关性肺炎、气压伤等并发症的发生风险。

综上所述,相较于 NCPAP 治疗,经鼻 BiPAP 治疗极低出生体重 RDS 儿,不仅能有效改善氧合状态,还能缩短氧疗时间和住院时间,同时减少并发症的发生。因此,对于极低出生体重 RDS 儿的治疗,经鼻 BiPAP 可能是一种更加理想的选择。本研究为优化极低出生体重 RDS 儿无创通气参数设计提供了基础数据参考,BiPAP 与 NCPAP 模式是基于不同气道正压策略开发的通气模式,未来可通过通气参数(如压力波形、频率、平均气道压)优化建模进一步提升通气效果。

参考文献

- [1] 赵小林,张勤,姜泓,等.超早产儿及超低出生体质量儿临床分析[J].中华实用儿科临床杂志,2020,35(19):1480-1484.
ZHAO Xiaolin, ZHANG Qin, JIANG Hong, *et al.* Clinical analysis of extremely preterm infants and extremely low birth weight infants[J]. *Chinese Journal of Applied Clinical Pediatrics*, 2020, 35(19): 1480-1484.
- [2] 杨军,台晓燕,罗厚江,等.HHHFNC 与 nCPAP 治疗早产儿呼吸窘迫综合征多中心研究[J].蚌埠医学院学报,2023,48(5):577-581.
YANG Jun, TAI Xiaoyan, LUO Houjiang, *et al.* A multicenter study of HHHFNC and nCPAP in the treatment of premature infants with RDS[J]. *Journal of Bengbu Medical College*, 2023, 48(5): 577-581.
- [3] 宋飞飞,张兰.LISA 技术和 INSURE 技术治疗早产儿呼吸窘迫综合征的疗效分析[J].中华全科医学,2021,19(8):1322-1325,1429.
SONG Feifei, ZHANG Lan. Comparison of LISA technique and INSURE technique in the treatment of respiratory distress syndrome in premature infants[J]. *Chinese Journal of General Practice*, 2021, 19(8): 1322-1325, 1429.
- [4] 薛九霞,李丽.枸橼酸咖啡因联合经鼻持续气道正压通气治疗呼吸窘迫综合征早产儿的效果[J].中国民康医学,2024,36(9):95-97.
XUE Jiuxia, LI Li. Effects of caffeine citrate combined with nasal continuous positive airway pressure ventilation in treatment of premature infants with respiratory distress syndrome[J]. *Medical Journal of Chinese People's Health*, 2024, 36(9): 95-97.
- [5] 卢娟,潘家华,张兰.新生儿呼吸窘迫综合征并发支气管肺发育不良的高危因素及临床特征分析[J].临床肺科杂志,2022,27(11):1668-1672.
LU Juan, PAN Jiahua, ZHANG Lan. Analysis of high-risk factors and clinical characteristics of neonatal respiratory distress syndrome complicated with bronchopulmonary dysplasia[J]. *Journal of Clinical Pulmonary Medicine*, 2022, 27(11): 1668-1672.
- [6] 游晶,李亚玲,姚丽,等.早产儿呼吸窘迫综合征并发支气管肺发育不良风险预测模型的构建及验证[J].现代医学,2023,51(5):590-598.
YOU Jing, LI Yaling, YAO Li, *et al.* Construction and validation of a risk prediction model for bronchopulmonary dysplasia in preterm infants with respiratory distress syndrome[J]. *Modern Medical Journal*, 2023, 51(5): 590-598.
- [7] 胡芳玉,李渊,熊志泉,等.双水平正压通气和持续气道正压通气治疗呼吸窘迫综合征早产儿的临床疗效比较[J].检验医学与临床,2021,18(22):3261-3263,3268.
HU Fangyu, LI Yuan, XIONG Zhiqian, *et al.* Comparison of clinical efficacy between bilevel positive airway pressure and continuous positive airway pressure in the treatment of preterm infants with respiratory distress syndrome[J]. *Laboratory Medicine and Clinic*, 2021, 18(22): 3261-3263, 3268.
- [8] 黄玉煊.枸橼酸咖啡因联合加温湿化高流量鼻导管通气治疗早产

- 儿呼吸窘迫综合征的效果[J]. *河南医学研究*, 2021, 30(8): 1430-1432.
- HUANG Yuhuan. Efficacy of caffeine citrate combined with heated humidified high-flow nasal cannula in the treatment of respiratory distress syndrome in premature infants[J]. *Henan Medical Research*, 2021, 30(8): 1430-1432.
- [9] 刘艳红, 梁桂娟, 贾美云, 等. 经鼻双水平正压通气联合经细管肺表面活性物质注入技术治疗早产儿呼吸窘迫综合征的临床疗效[J]. *儿科药学杂志*, 2021, 27(12): 6-9.
- LIU Yanhong, LIANG Guijuan, JIA Meiyun, *et al.* Clinical efficacy of nasal bilevel positive airway pressure combined with less invasive pulmonary surfactant administration technique in the treatment of premature infants with respiratory distress syndrome[J]. *Journal of Pediatric Pharmacy*, 2021, 27(12): 6-9.
- [10] 王建伟. 持续气道正压通气与双水平正压通气治疗对呼吸窘迫综合征早产儿短期预后的影响[J]. *山西医药杂志*, 2024, 53(13): 1014-1018.
- WANG Jianwei. Effects of continuous positive airway pressure versus bilevel positive airway pressure therapy on short-term outcomes in preterm infants with respiratory distress syndrome[J]. *Shanxi Medical Journal*, 2024, 53(13): 1014-1018.
- [11] SWEET D G, CARNIELLI V, GREISEN G, *et al.* European consensus guidelines on the management of neonatal respiratory distress syndrome in preterm infants—2013 update[J]. *Neonatology*, 2013, 103(4): 353-368.
- [12] 李佳瑾, 沈祥丽. 血清 CTRP4 PAI-1 水平对早产儿呼吸窘迫综合征的诊断价值[J]. *安徽医学*, 2023, 44(4): 425-429.
- LI Jiajin, SHEN Xiangli. The diagnostic value of serum CTRP4 and PAI-1 levels for respiratory distress syndrome in premature infants[J]. *Anhui Medical Journal*, 2023, 44(4): 425-429.
- [13] 付玉童, 刘凯, 韩倩雅, 等. 伴呼吸衰竭急性呼吸窘迫综合征新生儿死亡风险影响因素研究[J]. *山西医药杂志*, 2023, 52(11): 823-826.
- FU Yutong, LIU Kai, HAN Qianya, *et al.* Risk factors of death in acute respiratory distress syndrome neonatal with respiratory failure[J]. *Shanxi Medical Journal*, 2023, 52(11): 823-826.
- [14] 江苏省新生儿呼吸衰竭多中心临床研究协作组. 江苏省新生儿呼吸衰竭的临床流行病学现状[J]. *中华新生儿科杂志*, 2021, 36(4): 7-11.
- Jiangsu Provincial Collaborative Study Group for Neonatal Respiratory Failure. Current clinical epidemiology of neonatal respiratory failure in Jiangsu province[J]. *Chinese Journal of Neonatology*, 2021, 36(4): 7-11.
- [15] 张志刚, 张家杰, 赖宝添, 等. NIPPV 序贯通气在新生儿呼吸窘迫综合征早产儿撤机方案中的应用研究[J]. *当代医学*, 2021, 27(16): 24-26.
- ZHANG Zhigang, ZHANG Jiajie, LAI Baotian, *et al.* Application of NIPPV sequential ventilation in the weaning protocol for premature infants with neonatal respiratory distress syndrome[J]. *Contemporary Medicine*, 2021, 27(16): 24-26.
- [16] 邱晓蕾, 赵志娟. NCPAP 及 NIPPV 与 NHFOV 三种无创通气策略治疗早产新生儿呼吸窘迫综合征的比较[J]. *医药论坛杂志*, 2022, 43(13): 24-26.
- QIU Xiaolei, ZHAO Zhijuan. Comparison of NCPAP, NIPPV and NHFOV noninvasive ventilation strategies in treatment of premature neonatal respiratory distress syndrome[J]. *Journal of Medical Forum*, 2022, 43(13): 24-26.
- [17] 刘晓恩, 陈娜, 任月红, 等. 经鼻无创高频振荡通气联合 $TcPCO_2$ 和 $TcPO_2$ 监测在早产儿呼吸窘迫综合征中的应用[J]. *河北医药*, 2024, 46(5): 701-704.
- LIU Xiaoen, CHEN Na, REN Yuehong, *et al.* The application value of transnasal non-invasive high-frequency oscillatory ventilation combined with transcutaneous carbon dioxide and transcutaneous oxygen monitoring in preterm infants with respiratory distress syndrome[J]. *Hebei Medical Journal*, 2024, 46(5): 701-704.
- [18] 王艳文, 莫蔚农, 江进平. 经鼻持续气道正压通气与经鼻间歇正压通气联合肺表面活性物质治疗新生儿呼吸窘迫综合征的临床效果研究[J]. *中国妇幼保健*, 2024, 39(19): 3715-3718.
- WANG Yanwen, MO Weinong, JIANG Jinping. Clinical effects of nasal continuous positive airway pressure and nasal intermittent positive pressure ventilation combined with pulmonary surfactant in treatment of neonatal respiratory distress syndrome[J]. *Maternal and Child Health Care of China*, 2024, 39(19): 3715-3718.
- [19] 高亚, 陈信, 张阵, 等. 经鼻持续气道正压通气与振动网格雾化吸入肺表面活性物质联合治疗新生儿呼吸窘迫综合征的疗效和安全性[J]. *中华危重病急救医学*, 2022, 34(1): 80-84.
- GAO Ya, CHEN Xin, ZHANG Zhen, *et al.* Efficacy and safety of nasal continuous positive airway pressure combined with vibrating mesh nebulization of pulmonary surfactant in the treatment of neonatal respiratory distress syndrome[J]. *Chinese Critical Care Medicine*, 2022, 34(1): 80-84.
- [20] 袁越阳, 周理, 黄皓轩, 等. 无创双水平气道正压通气治疗系统建模及通气仿真[J]. *生物医学工程学杂志*, 2023, 40(2): 343-349.
- YUAN Yueyang, ZHOU Li, HUANG Haoxuan, *et al.* Modeling the noninvasive bilevel positive airway pressure ventilation therapy system and simulated application[J]. *Journal of Biomedical Engineering*, 2023, 40(2): 343-349.

- [21] 余刚, 王昕. 双水平正压通气支持与经鼻间歇正压通气对呼吸窘迫综合征新生儿呼吸力学和氧化应激反应的影响 [J]. **陕西医学杂志**, 2022, 51 (7): 856-859.
- YU Gang, WANG Xin. Effects of bi-level positive airway pressure support versus nasal intermittent positive pressure ventilation on respiratory mechanics and oxidative stress response in neonates with respiratory distress syndrome[J]. **Shaanxi Medical Journal**, 2022, 51(7): 856-859.
- [22] 吴娇微, 吉山宝, 林嘉, 等. 双水平正压通气模式在儿童呼吸衰竭有创机械通气治疗中的效果评价 [J]. **南京医科大学学报 (自然科学版)**, 2020, 40 (1): 86-89.
- WU Qiaowei, JI Shanbao, LIN Jia, *et al.* Evaluation of the efficacy of bilevel positive airway pressure ventilation mode in invasive mechanical ventilation therapy for pediatric respiratory failure[J]. **Acta Universitatis Medicinalis Nanjing (Natural Science)**, 2020, 40(1): 86-89.
- [23] 王海慧. 双水平正压通气对新生儿呼吸窘迫综合征患者早期肺功能及安全性的影响研究 [J]. **中国药物与临床**, 2021, 21 (7): 1162-1164.
- WANG Haihui. Study on the effect of bilevel positive airway pressure on early pulmonary function and safety in neonates with respiratory distress syndrome[J]. **Chinese Remedies & Clinics**, 2021, 21(7): 1162-1164.
- [24] 戴胜亚. 呼吸窘迫综合征患儿血清 PCT、CRP 相关炎症因子水平检测的临床价值研究 [J]. **结直肠肛门外科**, 2021, 27 (1): 105-106.
- DAI Shengya. Clinical value of serum PCT and CRP-related inflammatory factor levels in children with respiratory distress syndrome[J]. **Journal of Colorectal & Anal Surgery**, 2021, 27(1): 105-106.
- [25] 陈松锋, 陈杏园, 陈宗波, 等. 血清 TGF- β 1、BMP-7、IL-6 及 TNF- α 与新生儿呼吸窘迫综合征的关系研究 [J]. **现代生物医学进展**, 2020, 20 (17): 3375-3379.
- CHEN Songfeng, CHEN Xingyuan, CHEN Zongbo, *et al.* Study on the relationship between serum TGF- β 1, BMP-7, IL-6, TNF- α and neonatal respiratory distress syndrome[J]. **Progress in Modern Biomedicine**, 2020, 20(17): 3375-3379.