

无创通气下俯卧位联合电动牙刷振动排痰 早产儿潮气肺功能发展轨迹

陈素珍, 韦祝玲, 王宏琳, 韦思, 覃宇姝, 潘宇贵

摘要:目的 探讨无创通气下俯卧位联合电动牙刷振动排痰早产儿潮气肺功能发展轨迹, 分析不同发展轨迹早产儿特征并分析影响因素, 为临床实施针对性干预提供参考。方法 2023 年 9 月至 2025 年 3 月, 采用便利抽样法, 选取 164 例呼吸窘迫综合征早产儿为研究对象, 给予无创通气下俯卧位联合电动牙刷振动排痰干预, 持续 3~7 d。监测早产儿干预前(T0)及干预第 3 天(T1)、第 5 天(T2)、第 7 天(T3)的潮气量、每分通气量并做好记录。利用潜变量增长混合模型分析潮气量、每分通气量发展轨迹, 行单因素分析及 logistic 回归分析不同轨迹的影响因素。结果 164 例早产儿潮气量、每分通气量分别呈现出明显改善组(53.66%, 57.93%)、缓慢改善组(28.05%、31.10%)、风险波动组(18.29%、10.97%)3 类发展轨迹。logistic 回归分析显示, 胎龄、出生体质量、血清白蛋白是早产儿潮气肺功能发展轨迹的影响因素(均 $P < 0.05$)。结论 无创通气下俯卧位联合电动牙刷振动排痰早产儿潮气肺功能的发展轨迹总体呈改善趋势, 但群体间存在异质性。临床医护人员在实施干预时应重点关注出生胎龄小、出生体质量低、血清白蛋白低的早产儿潮气肺功能的动态监测, 并制订针对性干预方案, 以改善早产儿潮气肺功能水平, 促进康复。

关键词: 早产儿; 呼吸窘迫综合征; 无创通气; 俯卧位; 电动牙刷; 振动排痰; 潮气肺功能; 潜变量增长混合模型

中图分类号: R473.72 **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2026.03.011

Developmental trajectory of tidal-breathing pulmonary function in preterm infants with prone position combined with electric toothbrush-assisted vibration under non-invasive ventilation

Chen Suzhen, Wei Zhuling, Wang Honglin, Wei Si, Qin Yushu, Pan Yugu. Department of Pediatrics, Hechi Third People's Hospital, Hechi 547000, China

Abstract: **Objective** To explore developmental trajectory of tidal-breathing pulmonary function in preterm infants undergoing prone position combined with electric toothbrush-assisted vibration during non-invasive ventilation, analyze the characteristics of infants following the different trajectories, and identify the underlying influencing factors, so as to provide evidence for targeted clinical interventions. **Methods** From September 2023 to March 2025, 164 preterm infants diagnosed with respiratory distress syndrome were recruited by convenience sampling. All participants received a combined intervention of prone positioning plus electric toothbrush vibration for sputum removal under non-invasive ventilation for 3–7 days. Tidal volume (VT) and minute ventilation (VE) were recorded before the intervention (T0) and on the third day (T1), the fifth day (T2) and the seventh day of the intervention. Latent growth mixture modeling was used to identify distinct developmental trajectories of VT and VE. Univariate analyses and logistic regression were further conducted to identify factors associated with different trajectory classes. **Results** A total of 164 premature infants were classified into three types of developmental trajectories according to their VT and MV, namely the significant improvement group (accounting for 53.66% and 57.93%, respectively), the slow improvement group (28.05% and 31.10%, respectively), and the risk fluctuation group (18.29% and 10.97%, respectively). Logistic regression analysis showed that gestational age, birth weight and serum albumin were influencing factors for the developmental trajectory of tidal-breathing pulmonary function in preterm infants (all $P < 0.05$). **Conclusion** The developmental trajectories of tidal volume and pulmonary function in preterm infants receiving prone positioning under non-invasive ventilation combined with electric toothbrush-assisted vibration generally showed an improving trend, yet significant heterogeneity existed among subgroups. Clinical healthcare providers should pay particular attention to preterm infants with lower gestational age, lower birth weight, and lower serum albumin levels, closely monitor their dynamic changes in tidal-breathing pulmonary function, and develop targeted intervention strategies to enhance the pulmonary function and promote recovery.

Keywords: preterm infant; respiratory distress syndrome; non-invasive ventilation; prone position; electric toothbrush; vibration-assisted expectoration; tidal-breathing pulmonary function; latent growth mixture modeling

作者单位: 河池市第三人民医院儿科(广西 河池, 547000)

通信作者: 韦祝玲, wzllzwzhulin@163.com

陈素珍: 女, 本科, 副主任护师, cszchesu@163.com

科研项目: 河池市科技计划项目(河科 AB240217)

收稿: 2025-09-10; 修回: 2025-11-14

新生儿呼吸窘迫综合征(Neonatal Respiratory Distress Syndrome, NRDS)是因肺表面活性物质缺乏导致肺泡萎陷和气体交换障碍的新生儿常见呼吸系统疾病, 无创通气是主要治疗方式^[1-2]。但其排痰

效果并不显著,清理呼吸道分泌物、排痰在无创通气治疗中尤为关键^[3]。俯卧位通气的能减轻心脏和膈肌对肺部的压迫,改善重力依赖区通气、血流/通气比值,缓解缺氧症状有助于改善无创通气早产儿的通气功能^[4]。电动牙刷振动排痰法借助电机驱动牙刷头产生稳定高速震动,通过“声波效应”形成动态流体活动,作用于患儿胸背部时能刺激咳嗽反射,助力气管内痰液松动与排出,为肺部功能恢复提供支持^[5-6]。潮气肺功能检测作为评估患儿肺功能及病情变化的关键指标,在 NRDS 排痰治疗方案调整及预后判断中具有不可替代的作用^[7]。目前研究常聚焦于无创通气^[8]、俯卧位^[9]、电动牙刷^[10]、振动排痰^[11]等干预措施的单一应用,仅反映某一特定时间点的潮气肺功能状况,缺乏对不同时间点下多措施联合干预时,潮气肺功能动态纵向发展轨迹的研究。研究指出,新生儿潮气肺功能随着出生日龄的增长而逐步提升,并受体质量、胎龄等因素的影响^[12]。鉴于此,本研究利用潜变量增长混合模型(Latent Growth Mixture Modeling, LGMM)动态追踪无创通气下俯卧位联合电动牙刷振动排痰呼吸窘迫综合征早产儿潮气肺功能发展轨迹及特征,并分析影响轨迹的影响因素,为制订针对性干预方案促进早产儿康复提供参考。

1 对象与方法

1.1 对象

便利选择 2023 年 9 月至 2025 年 3 月河池市第三人民医院儿科收治的呼吸窘迫综合征早产儿为研究对象。纳入标准:符合呼吸窘迫综合征诊断标准^[13];无俯卧位禁忌证;接受无创通气下俯卧位联合电动牙刷振动排痰干预;均予以肠内营养和肠外营养;住院时间 > 7 d;早产儿家属知情同意。排除标准:并存免疫功能缺陷型疾病;背部皮肤黏膜不适宜使用电动牙刷振背;先天性严重畸形。剔除标准:中途转院、自动出院或死亡。样本量按自变量个数(一般资料 7 个变量)的 10~20 倍计算,考虑 20% 的无效问卷,本研究至少需要样本量为 88。本研究经河池市第三人民医院伦理委员会批准(LW-202506),早产儿家属均知情并签同意书。

1.2 方法

所有早产儿给予补充外源性肺表面活性物质、抗感染、维持水电解质酸碱平衡、无创通气等常规治疗,同时予以俯卧位联合电动牙刷振动排痰干预,具体操作方法如下。

1.2.1 俯卧位联合电动牙刷振动排痰

评估早产儿病情和耐受力后,将早产儿置于俯卧位,一次性方纱包裹住成人声波振动式牙刷(飞利浦 HX6711,功率 2.9 W,振动频率 31 000 次/min,摆动幅度 5~6 mm),用牙刷头背部紧贴着早产儿脊柱两侧由下往上,由外侧向内侧振动按摩,每个肺叶反复振动 2 min,最后行电动吸痰护理。10 min/次,4 次/d,疗程

视病情而定,常规 3~7 d。

1.2.2 潮气肺功能检测

下午 15:00—17:00,早产儿进食 0.5~2.0 h 后处于自然安静睡眠状态时,由同一肺功能专科医生采用肺功能仪(Jaeger Master-Screen,德国 JAEGER 公司)进行检测。检测前清除早产儿鼻咽分泌物保持呼吸道通畅,早产儿取仰卧头正中位,予以无漏气的适宜面罩扣紧早产儿口鼻,呼吸平稳后记录 5 次潮气呼吸指标,包含潮气量、每分钟通气量,仪器自动取各指标平均值为该指标结果。

1.2.3 资料收集方法

监测干预前(T0)及干预第 3 天(T1)、第 5 天(T2)、第 7 天(T3)潮气肺功能的潮气量、每分钟通气量值并做好记录。T0 收集一般资料(包括性别、胎龄、出生时间、出生体质量、血清白蛋白、喂养方式、每日奶量)。

1.2.4 统计学方法

采用 SPSS26.0、Mplus7.4 软件进行数据处理。计数资料采用频数、百分比描述,行 χ^2 检验;计量资料服从正态分布采用 $(\bar{x} \pm s)$ 描述,行 F 检验;不服从正态分布以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较采用秩和检验。增长混合模型采用 LGMM 建模,模型适配检验指标包括赤池信息准则(AIC)、贝叶斯信息准则(BIC)和校正 BIC(aBIC)、熵(Entropy)、Bootstrap 似然比检验(BLRT)和似然比检验(LMR)判断模型拟合优劣、评估分类精确度、比较模型拟合差异,确定最佳模型。采用无序多分类 logistic 回归分析轨迹的影响因素。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 早产儿一般资料

共纳入早产儿 164 例,其中男 93 例,女 71 例;胎龄 25~32(30.95±1.82)周;出生时间 1~168[1.00(1.00, 6.00)]h;出生体质量 1 300~2 500(2 223.51±356.41)g;血清白蛋白 25~40(32.52±5.02)g/L;奶瓶经口喂养 51 例,鼻饲 113 例;每日奶量 25~180(108.78±43.62)mL。

2.2 早产儿不同时间点潮气肺功能情况

见表 1。

表 1 早产儿不同时间点潮气肺功能情况($n=164$)

时间	潮气量(mL)	每分钟通气量(L)
T0	17.51±3.06	1.08±0.31
T1	18.95±3.04	1.16±0.29
T2	20.06±2.96	1.33±0.30
T3	22.93±5.38	1.46±0.39

2.3 早产儿潮气量、每分钟通气量轨迹潜在剖面

2.3.1 潜在剖面分析

将 164 例早产儿潮气肺功能的潮气量、每分钟通气量值纳入 LGMM 模型,设置为自由估计时间参数模型,分别拟合 1~5 个轨迹剖面模型。结果显示,随着剖面个数增加,潮气量、每分钟通气量的 AIC、BIC、aBIC 值均逐趋下降。当剖面数为 3 个时,LMR 和 BLRT 值达到显著水平(均 $P<0.05$),且 Entropy 值最大,均 > 0.9,表明 3 个剖

面分类有最高的准确度,确定潮气量、每分钟通气量的最佳模型均为 3 个类别。见表 2。

表 2 早产儿潮气量、每分钟通气量轨迹潜在剖面模型拟合指标

项目	类别	AIC	BIC	aBIC	Entropy	LMR(P)	BLRT(P)	类别概率(%)
潮气量	1	11 492.315	11 535.795	11 495.716				
	2	11 292.783	11 349.882	11 294.907	0.845	<0.001	<0.001	80.49/19.51
	3	11 221.804	11 293.215	11 227.593	0.987	0.014	<0.001	53.66/28.05/18.29
	4	11 169.527	11 258.332	11 179.019	0.987	0.014	0.085	52.44/14.63/4.27/28.66
	5	11 154.861	11 250.769	11 152.792	0.976	0.297	<0.001	53.66/12.80/3.66/25.61/4.27
每分钟通气量	1	5 885.904	5 909.211	5 990.369				
	2	5 552.608	5 613.495	5 532.794	0.881	0.329	<0.001	28.05/71.95
	3	5 205.684	5 247.751	5 200.218	0.937	<0.001	<0.001	57.93/31.10/10.97
	4	5 037.575	5 069.857	5 021.083	0.919	0.004	<0.001	37.80/10.37/11.59/40.24
	5	4 953.786	5 010.594	4 952.442	0.896	0.122	<0.001	10.98/8.54/20.73/21.95/37.80

2.3.2 潜在剖面命名 分别以潮气量、每分钟通气量为纵坐标,以时间为横坐标,绘制各 3 个潜在剖面的变化轨迹图(见图 1、图 2)。结果显示,潮气量、每分钟通气量各潜在剖面分别为:轨迹 1 有 88 例(53.66%)、95 例(57.93%),此类早产儿 T0 时潮气量、每分钟通气量最低,经干预后,T1 时潮气量、每分钟通气量明显提升,T2 和 T3 时持续提升,故命名为明显改善组;轨迹 2 有 46 例(28.05%)、51 例(31.10%),此类早产儿 T0 时潮气量、每分钟通气量处于中等水平,随着干预的持续,T1、T2 和 T3 时呈缓慢提升趋势,故命名为缓慢改善组;轨迹 3 有 30 例(18.29%)、18 例(10.97%),此类早产儿 T0 时潮气量、每分钟通气量处于最高水平,经干预后,T1 时有所下降,T1 后迅速提升至 T2 后继续缓慢攀升至 T3,波动幅度较大,存在较多风险,故命名为风险波动组。

龄、出生体质量、血清白蛋白(均原值纳入)作为自变量,进行无序多分类 logistic 回归分析。潮气量、每分钟通气量均以风险波动组为参照组,结果显示,胎龄、出生体质量、血清白蛋白是潮气量、每分钟通气量发展轨迹潜在类别的影响因素(均 $P < 0.05$)。见表 4。

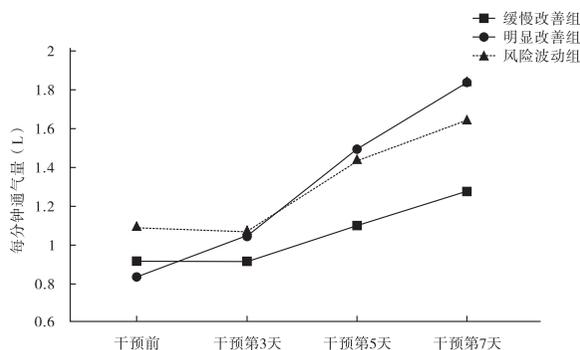


图 2 早产儿每分钟通气量变化轨迹图

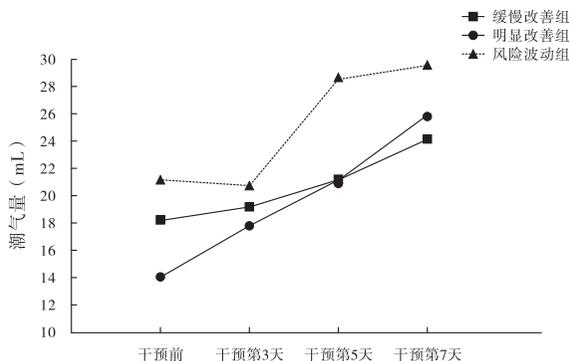


图 1 早产儿潮气量变化轨迹图

2.4 早产儿潮气量、每分钟通气量发展轨迹的单因素分析 单因素分析结果显示,不同潮气量、每分钟通气量发展轨迹类别早产儿的性别、出生时间、喂养方式、每日奶量比较,差异无统计学意义(均 $P > 0.05$),差异有统计学意义的项目见表 3。

2.5 早产儿潮气量、每分钟通气量发展轨迹的多因素分析 以潮气量、每分钟通气量发展轨迹的潜在剖面为因变量,将单因素分析中差异有统计学意义的胎

3 讨论

3.1 呼吸窘迫综合征早产儿潮气肺功能变化轨迹总体呈改善趋势 本研究结果显示,无创通气下俯卧位联合电动牙刷振动排痰干预的呼吸窘迫综合征早产儿潮气肺功能参数潮气量、每分钟通气量的变化轨迹总体呈改善趋势,与李昂等^[14]研究结果一致。潮气量直观反映每次呼吸的肺泡通气效率与呼吸肌收缩功能,每分钟通气量则体现单位时间内的整体通气储备与呼吸中枢调控水平,同时观察两者的不同发展轨迹,能更全面、精准地揭示干预措施对早产儿肺功能的改善机制。早产儿因呼吸中枢尚未成熟易致呼吸不规则而发生呼吸暂停;呼吸肌发育尚未成熟,咳嗽反射较差,不能将呼吸道内的分泌物通过咳嗽排出,易堵塞呼吸道;肺泡数量少、缺乏肺表面活性物质,容易导肺泡萎缩、肺不张;早产儿对氧气耐受力差,氧疗容易致肺损伤;早产儿发生呼吸窘迫综合征时会导致严重缺氧和酸中毒,加重对肺的损害,肺功能更加差^[15]。本研究在肺表面活性物质治疗的基础上予以无创通气+俯卧位+电动牙刷振动排痰干预,其中肺

表面活性物质治疗能补充呼吸窘迫综合征早产儿缺乏的肺表面活性物质,从而降低肺泡表面张力,减轻呼吸压力,改善肺功能^[16];无创机械通气能产生持续的气道正压,不仅能改善支气管通气/血流比值,还能显著提高机体的氧合功能,进而改善肺功能^[17];俯卧

位时肺及远端气道内的分泌物在重力作用下向中心气道聚集,更利于分泌物清除,进而改善通气/血流灌注比值^[18];电动牙刷的高频振动可使细小支气管内的痰液松动脱落,利于痰液集中后被吸出。以上措施产生协同作用,有效改善早产儿潮气肺功能。

表 3 早产儿潮气量、每分钟通气量潜在剖面的单因素分析

项目	潮气量				
	明显改善组(n=88)	缓慢改善组(n=46)	风险波动组(n=30)	Hc/F	P
胎龄[周, M(P ₂₅ , P ₇₅)]	31.00(30.00, 31.00)	29.00(28.00, 30.00)	26.00(25.75, 27.00)	73.382	<0.001
出生体质量(g, $\bar{x} \pm s$)	2 376.85 ± 209.18	2 254.43 ± 309.73	1 897.67 ± 456.33	21.417	<0.001
血清白蛋白(g/L, $\bar{x} \pm s$)	35.00 ± 3.93	32.31 ± 4.92	29.31 ± 4.97	13.657	<0.001
项目	每分钟通气量				
	明显改善组(n=95)	缓慢改善组(n=51)	风险波动组(n=18)	Hc/F	P
胎龄[周, M(P ₂₅ , P ₇₅)]	30.00(30.00, 31.00)	27.00(27.00, 29.00)	26.00(25.00, 26.00)	87.022	<0.001
出生体质量(g, $\bar{x} \pm s$)	2 392.66 ± 140.83	2 147.88 ± 365.26	1 558.61 ± 213.06	95.523	<0.001
血清白蛋白(g/L, $\bar{x} \pm s$)	34.07 ± 4.60	32.12 ± 3.95	29.83 ± 5.00	13.885	<0.001

表 4 早产儿潮气量、每分钟通气量潜在剖面的 logistic 回归分析

项目	潮气量					每分钟通气量						
	β	SE	Wald χ^2	P	OR	95%CI	β	SE	Wald χ^2	P	OR	95%CI
明显改善组 vs. 风险波动组												
常量	-136.425	20.589	43.904	<0.001			-114.705	26.215	19.146	<0.001	14.988	2.795, 80.379
胎龄	3.439	0.616	31.192	<0.001	31.165	9.321, 104.194	2.707	0.857	9.981	0.002	1.010	1.005, 1.015
出生体质量	0.011	0.003	15.595	<0.001	1.011	1.005, 1.016	0.010	0.002	14.809	<0.001	2.209	1.484, 3.288
血清白蛋白	0.415	0.158	6.867	0.009	1.514	1.110, 2.065	0.793	0.230	15.263	<0.001	2.419	1.591, 3.470
缓慢改善组 vs. 风险波动组												
常量	-50.957	12.348	17.030	<0.001			-72.275	25.163	8.250	0.004	6.715	1.293, 34.861
胎龄	1.134	0.368	9.515	0.002	3.107	1.512, 6.386	1.904	0.840	5.136	0.023	1.006	1.002, 1.011
出生体质量	0.005	0.001	15.392	<0.001	1.005	1.003, 1.008	0.006	0.002	7.898	0.005	1.511	1.051, 2.174
血清白蛋白	0.342	0.145	5.594	0.018	1.407	1.060, 1.868	0.413	0.185	4.963	0.026	14.988	2.795, 80.379

3.2 呼吸窘迫综合征早产儿潮气肺功能变化轨迹存在异质性 本研究发现,呼吸窘迫综合征早产儿潮气量、每分钟通气量变化轨迹分为 3 个潜在类别,分别为明显改善组 53.66%, 57.93%;缓慢改善组 28.05%, 31.10%;风险波动组 18.29%, 10.97%。明显改善组干预初始的潮气量、每分钟通气量均处于最低水平,干预后至干预第 7 天均呈较高的增长趋势,提示干预效果显著,但改善需要一定时间。研究显示,潮气肺功能是随着新生儿的发育而持续发展的一个过程,随着日龄的增长,肺功能参数潮气量、每分钟通气量逐渐增加^[19]。缓慢改善组干预期间的潮气量、每分钟通气量呈缓慢上升趋势,虽然改善进程缓慢,但至干预第 7 天 2 项指标均明显高于初始水平。风险波动组的潮气量、每分钟通气量在干预第 3 天时呈现下降现象,此后逐渐上升,分析原因可能与该组患儿胎龄更小、血清白蛋白水平更低、出生体质量更低有关。有研究显示,极低体质量和极低白蛋白的早产儿出生后 48~72 h 常处于炎症反应高峰期和氧化应激最严重阶段,此时肺损伤进展可能暂时超过干预措施的保护效应,表现为潮气量减少、代偿性呼吸频率增快受限,每分钟通气量下降^[20]。随着治疗和干预的进展和早产儿的生长发育,早产儿膈肌活动量逐渐增

强,呼吸幅度逐渐增大,肺顺应性逐渐增加,潮气量、每分钟通气量随之逐渐增加^[21]。提示医护人员应密切监测早产儿病情,及时根据病情变化调整治疗和护理干预方案,以尽早改善早产儿肺功能。

3.3 胎龄小、出生体质量低的呼吸窘迫综合征早产儿更易出现风险波动 本研究结果显示,胎龄小、出生体质量低的呼吸窘迫综合征早产儿更易归属于风险波动组,与李泓溢^[22]的研究一致。研究报道,出生胎龄小使肺生长受限或发育停滞,导致新生儿肺发育不成熟;出生体质量低使新生儿肺容量不足,即使出生后经过营养干预,在体质量增长、矫正胎龄 37~42 周时其肺功能亦仍未达到足月水平^[23]。提示医护人员对出生胎龄小、出生体质量轻的呼吸窘迫综合征早产儿,在实施无创通气下俯卧位联合电动牙刷振动排痰干预时,应充分考虑其肺发育不成熟与通气储备受限的特点,制订个体化、精细化的护理与呼吸支持方案,以最大限度地改善肺功能并减少相关风险。

3.4 低血清白蛋白的呼吸窘迫征早产儿更易出现风险波动 本研究结果显示,低血清白蛋白的呼吸窘迫征早产儿更易归属于风险波动组,与张晓燕等^[12]研究结果一致。研究显示,新生儿出生后营养状况可调节肺的结构并影响肺的发育,若出生后营养不能满足

其生长需求时,可影响组织免疫和修复功能,导致肺泡早期结构简化和肺的结构和功能发育异常^[24-25]。因此,新生儿营养状况对肺结构调节和发育至关重要。而血清白蛋白作为由肝脏合成的关键蛋白,其水平能直接反映机体蛋白质合成与代谢的平衡状态,是临床评估营养状况的核心生物标志物之一。血清白蛋白是人体血浆中含量最丰富的蛋白质,主要维持血浆胶体渗透压,运输脂肪酸、药物等代谢物质,参与酸碱平衡调节,是评估营养状态的重要指标之一^[26]。提示医护人员应综合评定此类早产儿的营养状况,并根据评估结果制订早期营养补给等措施,以提高早产儿血清白蛋白水平。

4 结论

本研究发现,呼吸窘迫综合征早产儿潮气肺功能变化轨迹存在群体异质性,胎龄、出生体质量、血清白蛋白水平是呼吸窘迫征早产儿潮气肺功能变化轨迹的影响因素。因此,医护人员实施无创通气下俯卧位联合电动牙刷振动排痰措施时应考虑患儿潮气肺功能的群体异质性,明确关注胎龄小、出生体质量低、血清白蛋白水平低的高风险患儿,并制订针对性的干预计划。本研究样本仅来源于 1 所医院,轨迹变化探索时间仅为 7 d,研究代表性存在一定的局限,研究结果可能存在一定偏倚,未来拟延长研究时间、开展多中心调查,以进一步挖掘呼吸窘迫综合征早产儿潮气肺功能的变化特征。

参考文献:

- [1] 王晨玲,邹小卫,吴琼.猪肺磷脂注射液联合无创通气治疗新生儿呼吸窘迫综合征疗效观察[J].中国药物与临床,2024,24(14):924-928.
- [2] 周艳玲,林坚,符艺影,等.不同无创通气模式联合氨溴索治疗早产儿呼吸窘迫综合征的疗效观察[J].实用临床医药杂志,2023,27(11):55-58.
- [3] 杨茹雪,霍晓敏,张秀敏,等.综合干预对老年 COPD 合并呼吸衰竭无创机械通气患者排痰效果及肺换气功能的影响[J].河北医药,2023,45(2):316-318.
- [4] 王本金,江智霞,陈俊希,等.腹部悬空俯卧位机械通气对 ARDS 患者肺顺应性及氧合功能的影响[J].护理学杂志,2024,39(13):52-55.
- [5] 邵珠芹.氧气驱动雾化联合振动排痰机对婴幼儿重症肺炎患儿治疗效果和临床症状改善情况的影响[J].中国妇幼保健,2023,38(11):1998-2001.
- [6] 刘妹.电动牙刷按摩肺俞穴在极低出生体重早产儿振动排痰中的应用[J].黑龙江中医药,2024,53(2):26-28.
- [7] 王淑玉,郑一博,杨蕾,等.喘息婴幼儿血清 YKL-40,IL-8 水平与潮气肺功能的相关性研究[J].海南医学,2024,35(16):2353-2356.
- [8] 林双双.无创高频机械通气与常频机械通气治疗新生儿呼吸衰竭的临床效果分析[J].中国妇幼保健,2024,39(21):4224-4228.
- [9] 韦柳密,胡高艳.俯卧位通气结合鸟巢护理在早产儿无

创通气治疗中的应用效果[J].中华养生保健,2025,43(6):167-170.

- [10] 杨华飞,夏海波,樊慧苏,等.电动牙刷振联合密闭式吸痰辅助治疗新生儿呼吸窘迫综合征的效果观察[J].浙江临床医学,2023,25(1):105-108.
- [11] 汪红莉,舒秀兰,刘金凤,等.机械振动排痰联合氧驱动雾化吸入对喘息性支气管炎患儿肺功能,炎症反应及血氧饱和度水平的影响[J].现代生物医学进展,2024,24(19):3785-3787.
- [12] 张晓燕,许淑静,林碧云,等.晚期早产儿与足月新生儿的潮气呼吸肺功能特点及其影响因素分析[J].上海医学,2024,47(3):177-181.
- [13] 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,2019:396-435.
- [14] 李昂,皇惠杰,杨世青,等.长程治疗管理哮喘儿童的肺功能轨迹特征分析[J].首都医科大学学报,2022,43(6):940-947.
- [15] 张海洋,刘瀚旻.早产儿生命早期肺发育轨迹研究现状[J].中华妇幼临床医学杂志(电子版),2021,17(4):373-379.
- [16] 班瑜.肺表面活性物质联合枸橼酸咖啡因治疗新生儿呼吸窘迫综合征的疗效分析[J].贵州医药,2025,49(1):62-64.
- [17] 徐琼.对急性呼吸窘迫综合征新生儿实施经鼻无创高频震荡通气联合猪肺磷脂注射液的效果观察[J].中国妇幼保健,2025,40(3):460-464.
- [18] 萨日娜,王爱琼,高有汉,等.支气管肺泡灌洗联合俯卧位治疗儿童肺炎支原体肺炎伴肺不张疗效的前瞻性随机对照研究[J].中国当代儿科杂志,2024,26(1):31-36.
- [19] 姜林梦,王宇,王淮燕.早产儿不同年龄阶段肺功能检测研究进展[J].国际儿科学杂志,2024,51(6):387-392.
- [20] Hermansen C L, Mahajan A. Newborn Respiratory Distress[J]. Am Fam Physician,2015,92(11):994-1002.
- [21] 郭雪宁.新生儿呼吸窘迫综合征患儿早期肺功能特点及影响因素分析[D].济南:山东大学,2024.
- [22] 李泓溢.比较矫正胎龄 37-42 周早产儿与足月儿的潮气肺功能及其相关因素分析[D].南充:川北医学院,2024.
- [23] Briana D D, Malamitsi-Puchner A. An update on lung function of extremely and very preterm infants in later life;the role of early nutritional interventions[J]. Nutrients,2023,15(15):3353-3355.
- [24] Zhang X, Liu J, Xu S, et al. Neonatal nutritional risk and pulmonary function[J]. Medicine(Baltimore),2022,101(32):e29662.
- [25] 方凌毓,陈冬梅,韩树萍,等.早期营养不足与支气管肺发育不良风险的 Meta 分析[J].中国当代儿科杂志,2021,23(4):390-396.
- [26] Boesiger F, Poggioli A, Netzhammer C, et al. Changes in serum albumin concentrations over 7 days in medical inpatients with and without nutritional support. A secondary post-hoc analysis of a randomized clinical trial[J]. Eur J Clin Nutr,2023,77(10):989-997.

(本文编辑 黄辉,吴红艳)