

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2023.09.036

肺表面活性物质治疗新生儿呼吸窘迫综合征前给予 nCPAP 呼吸支持最佳时间窗的临床研究 *

杨 艳¹ 岳少杰² 王团美¹ 杨 琴¹ 祝立平¹

(1 南华大学衡阳医学院附属长沙中心医院新生儿科 湖南 长沙 410004; 2 中南大学湘雅医院新生儿科 湖南 长沙 410008)

摘要 目的:探讨肺表面活性物质(PS)治疗新生儿呼吸窘迫综合征(NRDS)前给予经鼻持续气道正压通气(nCPAP)呼吸支持的最佳时间窗。**方法:**选择2017年1月至2019年12月期间我院收治的NRDS患儿100例。根据随机数字表法分为A组(给予PS前预先进行小于2h的nCPAP, n=33)、B组(给予PS前预先进行2-4h的nCPAP, n=33)和C组(立即给予PS, n=34)。对比三组患儿的血气分析指标、肺功能指标、临床指标和并发症发生率。**结果:**A组、B组给予PS后4h、给予PS后24h动脉血氧分压(PaO₂)、pH值高于C组, 且B组高于A组($P<0.05$), 而动脉二氧化碳分压(PaCO₂)低于C组, 且B组低于A组($P<0.05$)。A组、B组给予PS后4h、给予PS后24h潮气量(VT)、肺动态顺应性(CD)高于C组, 且B组高于A组($P<0.05$), 而吸气阻力(Raw)低于C组, 且B组低于A组($P<0.05$)。B组用药后3天内需气管插管行机械通气例数少于A组和C组, 住院时间短于A组和C组($P<0.05$), A组、C组的用药后3天内需气管插管行机械通气例数、住院时间对比无明显差异($P>0.05$)。三组患儿并发症发生率未见统计学差异($P>0.05$)。**结论:**给予PS前预先进行2-4h的nCPAP, 可较好地改善患儿血气分析指标和肺功能, 有助于改善患儿预后。**关键词:**肺表面活性物质; 新生儿呼吸窘迫综合征; 经鼻持续气道正压通气; 呼吸支持; 时间窗

中图分类号: R725.6; R563.8 文献标识码: A 文章编号: 1673-6273(2023)09-1787-04

Clinical Study on the Optimal Time Window of nCPAP Respiratory Support before Pulmonary Surfactant Treatment for Neonatal Respiratory Distress Syndrome*

YANG Yan¹, YUE Shao-jie², WANG Tuan-mei¹, YANG Qin¹, ZHU Li-ping¹

(1 Department of Neonatology, The Affiliated Changsha Central Hospital, Hengyang Medical School, University of South China, Changsha, Hunan, 410004, China; 2 Department of Neonatology, Xiangya Hospital of Central South University, Changsha, Hunan, 410008, China)

ABSTRACT Objective: To explore the optimal time window of respiratory support with nasal continuous positive airway pressure (nCPAP) before pulmonary surfactant (PS) treatment for neonatal respiratory distress syndrome (NRDS). **Methods:** 100 children with NRDS who were admitted from January 2017 to December 2019 were selected. According to the random number table method, they were divided into group A (nCPAP less than 2 h before PS administration, n=33), group B (nCPAP 2-4 h before PS administration, n=33) and group C (PS administration immediately, n=34). The blood gas analysis indexes, pulmonary function indexes, clinical indexes and complication rate of the three groups were compared. **Results:** The arterial oxygen partial pressure (PaO₂) and pH value of the group A and the group B at 4 h after PS administration and 24 h after PS administration were higher than those of the group C, and the group B was higher than the group A ($P<0.05$). The arterial carbon dioxide partial pressure (PaCO₂) was lower than that of the group C, and the group B was lower than the group A ($P<0.05$). The volume tidal (VT) and lung dynamic compliance (CD) of the group A and group B at 4 h after PS administration and 24 h after PS administration were higher than those of the group C, and the group B was higher than the group A ($P<0.05$), while air way resistance (Raw) was lower than that of the group C, and the group B was lower than the group A ($P<0.05$). The number of cases requiring endotracheal intubation for mechanical ventilation 3 days after medication of the group B was less than that of the group A and group C, and the length of hospital stay was shorter than that of the group A and group C ($P<0.05$). There were no significant differences in the number of cases requiring endotracheal intubation for mechanical ventilation 3 days after medication and the length of hospital stay of the group A and group C ($P>0.05$). There was no significant difference in the incidence of complications of the three groups ($P>0.05$). **Conclusion:** The nCPAP for 2-4 h before PS administration can improve the blood gas analysis index and pulmonary function of children, which is helpful to improve the prognosis of children.

Key words: Pulmonary surfactant; Neonatal respiratory distress syndrome; Nasal continuous positive airway pressure; Respiratory support; Time window

* 基金项目: 湖南省卫计委科研基金项目(A2016012)

作者简介: 杨艳(1990-), 女, 硕士, 主治医师, 主要从事新生儿呼吸系统疾病方向的研究, E-mail: Yangyan998866@126.com

(收稿日期: 2022-09-23 接受日期: 2022-10-18)

Chinese Library Classification(CLC): R725.6 R563.8 Document code: A

Article ID: 1673-6273(2023)09-1787-04

前言

新生儿呼吸窘迫综合征(NRDS)是指新生儿在出生时或出生后短时间内由于肺泡表面活性物质(PS)缺乏所导致的一种呼吸系统疾病,临床表现为呼吸困难^[1]。由于PS不足或功能障碍,肺泡壁表面张力增高,致使肺泡萎缩,出现低氧血症和酸中毒,最终危及患儿的性命^[2,3]。外源性PS可以辅助治疗该病,传统的PS替代疗法采用气管插管给药^[4]。近年来,为了减少短时间内正压通气可能对NRDS患儿带来的损伤,多采取经胃管微创注入PS配合经鼻持续气道正压通气(nCPAP)^[5],可较好的帮助患儿通气,降低患儿的病死率和并发症发生率。但目前有关PS治疗新生儿NRDS给予nCPAP呼吸支持最佳时间窗尚存在争议,本研究就此展开探讨,旨在为临床治疗提供参考。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选择2017年1月至2019年12月期间在我院接受治疗的100例NRDS患儿。纳入标准:(1)诊断标准参考《"新生儿急性呼吸窘迫综合征"蒙特勒标准(2017年版)》^[6];(2)患儿出生后30 min内入住新生儿科;(3)本院出生,胎龄28~34周;(4)可耐受本次研究的治疗方案,患儿家属均签署同意书。排除标准:(1)有严重的先天性疾病者;(2)用药后数小时内放弃治疗的患儿或入院后24小时内死亡;(3)严重贫血、染色体异常等引起呼吸窘迫的其他疾病患儿。根据随机数字表法分为A组(给予PS前预先进行小于2 h的nCPAP, n=33)、B组(给予PS前预先进行2-4 h的nCPAP, n=33)和C组(立即给予PS, n=34)。其中A组男患儿18例,女患儿15例,出生体重1000~1500 g,平均出生体重(1346.59±76.91)g;胎龄28~34周,平均胎龄(31.26±1.05)周;分娩方式:剖宫产17例,顺产16例。B组男患儿19例,女患儿14例,出生体重950~1450 g,平均出生体重(1342.57±77.49)g;胎龄29~34周,平均胎龄(31.18±0.91)周;分娩方式:剖宫产18例,顺产15例。C组男患儿20例,女患儿14例,胎龄29~33周,平均胎龄(31.29±0.82)周;出生体重960~1480 g,平均出生体重(1339.73±64.52)g;分娩方式:剖宫产19例,顺产15例。三组患儿一般资料对比未见明显差异($P>0.05$),均衡可比。研究方案已通过我院医学伦理学委员会批准。

1.2 方法

治疗方案:nCPAP机器采用Infant Flow System(美国Vi asys公司),吸入氧浓度(FiO_2)0.21-0.40,压力为6 cm H_2O 。PS(固尔苏,意大利)采用气管插管气管内滴入法,气管内滴入PS 200 mg/kg首剂,给予PS后拔出气管插管继续行nCPAP辅助呼吸,用药后6小时内不予气管内吸引。依照临床实际情况按照100 mg-200 mg/kg追加PS。A组:给予PS前预先进行小于2 h的nCPAP,B组:给予PS前预先进行2-4 h的nCPAP,C组:立即给予PS。

1.3 观察指标

(1)给予PS后1 h,4 h,24 h采用血气分析仪(武汉明德生物科技股份有限公司,型号规格:ST2000)测定血气分析指标:动脉血氧分压(PaO_2)、pH值、动脉二氧化碳分压(PaCO_2)。(2)给予PS后1 h,4 h,24 h采用肺功能仪(北京麦邦光电仪器有限公司,型号规格:MSA100)检测三组患儿肺功能指标:潮气量(VT)、吸气阻力(Raw)、肺动态顺应性(CD)。(3)统计三组患儿治疗3 d内需气管插管行机械通气例数、住院时间。(4)记录三组患儿支气管肺发育不良(BPD)、脑出血、坏死性小肠炎、视网膜病变等并发症发生率。

1.4 统计学方法

采用SPSS26.0进行数据处理,计量资料行正态和方差齐性检验,均为正态分布数据,以($\bar{x}\pm s$)表示,两组数据比较采用t检验,多组数据比较采用F检验。计数资料采用率表示,检验方法为 χ^2 检验。检验标准设置为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 三组患儿血气分析指标对比

三组给予PS后1 h PaO_2 、 PaCO_2 、pH值对比,整体无明显差异($P>0.05$)。三组给予PS后4 h、给予PS后24 h PaO_2 、pH值升高, PaCO_2 下降($P<0.05$)。A组、B组给予PS后4h、给予PS后24 h PaCO_2 低于C组,且B组低于A组;而 PaO_2 、pH值高于C组,且B组高于A组($P<0.05$),如表1所示。

2.2 三组患儿的肺功能指标对比

三组给予PS后1hVT、Raw、CD对比,整体无明显差异($P>0.05$)。三组给予PS后4 h、给予PS后24 hVT、CD升高,Raw下降($P<0.05$)。A组、B组给予PS后4h、给予PS后24hVT、CD高于C组,且B组高于A组($P<0.05$),而Raw低于C组,且B组低于A组($P<0.05$),如表2所示。

2.3 三组患儿的临床指标对比

三组患儿用药后3天内需气管插管行机械通气例数、住院时间整体比较差异有统计学意义($P<0.05$),B组用药后3天内需气管插管行机械通气例数少于A组和C组,住院时间短于A组和C组($P<0.05$),A组、C组的用药后3天内需气管插管行机械通气例数、住院时间对比无明显差异($P>0.05$),如表3所示。

2.4 三组患儿的并发症发生率对比

三组患儿并发症发生率未见统计学差异($P>0.05$),见表4。

3 讨论

NRDS是引起早产儿死亡的主要原因之一,也是引起BPD、肺功能下降的主要危险因素,严重降低患儿的生存质量^[7]。NRDS的主要发病原因是患儿自身PS合成分泌不足或功能缺陷,PS主要由磷脂和蛋白质组成,由肺泡II型上皮细胞合成分泌,通过调节不同大小肺泡的表面张力从而保持肺泡容量稳定^[8,9]。此外,PS还可促进肺液清除,帮助维持肺泡-毛细血管间的液体平衡,从而对肺泡上皮细胞发挥良好的保护作用^[10]。肺泡II型上皮细胞在胎龄约20周左右开始合成PS,但此时合

表 1 三组患儿血气分析指标对比($\bar{x}\pm s$)Table 1 Comparison of blood gas analysis indexes of the three groups of children($\bar{x}\pm s$)

Groups	pH value			PaO ₂ (mmHg)			PaCO ₂ (mmHg)		
	1 h after PS administration	4h after PS administration	24 h after PS administration	1 h after PS administration	4 h after PS administration	24 h after PS administration	1 h after PS administration	4 h after PS administration	24 h after PS administration
Group A (n=33)	6.28±0.47	7.89±0.44 ^a	8.63±0.41 ^{ab}	6.66±0.51	8.21±0.51 ^a	9.19±0.53 ^{ab}	6.45±0.48	4.85±0.54 ^a	4.06±0.43 ^{ab}
Group B (n=33)	6.32±0.42	8.73±0.36 ^{ac}	9.68±0.39 ^{abc}	6.53±0.46	9.26±0.44 ^{ac}	10.38±0.48 ^{abc}	6.49±0.54	3.92±0.47 ^{ac}	3.17±0.38 ^{abc}
Group C (n=34)	6.27±0.35	7.05±0.41 ^{acd}	7.71±0.37 ^{abcd}	6.49±0.38	7.23±0.56 ^{acd}	8.19±0.68 ^{abcd}	6.41±0.39	5.59±0.42 ^{acd}	4.87±0.39 ^{abcd}
F	0.133	144.276	213.678	1.285	134.611	123.411	0.239	102.264	150.934
P	0.874	0.000	0.000	0.281	0.000	0.000	0.788	0.000	0.000

Note: Compared with the group at 1 h after PS administration, ^a $P<0.05$. Compared with the group at 4 h after PS administration, ^b $P<0.05$. Compared with the group A, ^c $P<0.05$. Compared with the group B, ^d $P<0.05$.

表 2 三组患儿的肺功能指标对比($\bar{x}\pm s$)Table 2 Comparison of pulmonary function indexes of the three groups of children($\bar{x}\pm s$)

Groups	VT(mL/kg)			Raw(cmH ₂ O/Ls)			CD(mL/cmH ₂ O)		
	1 h after PS administration	4 h after PS administration	24 h after PS administration	1 h after PS administration	4 h after PS administration	24 h after PS administration	1 h after PS administration	4 h after PS administration	24 h after PS administration
Group A (n=33)	4.91±0.29	6.39±0.38 ^a	7.54±0.45 ^{ab}	20.19±0.45	14.02±0.37 ^a	11.85±0.42 ^{ab}	25.94±2.56	34.52±3.49 ^a	38.69±4.33 ^{ab}
Group B (n=33)	4.88±0.26	7.21±0.47 ^{ac}	8.31±0.35 ^{abc}	20.24±0.34	11.36±0.42 ^{ac}	8.32±0.43 ^{abc}	25.85±2.47	38.47±4.56 ^{ac}	46.82±2.35 ^{abc}
Group C (n=34)	4.93±0.29	5.61±0.34 ^{acd}	6.43±0.29 ^{abcd}	20.22±0.39	17.81±0.53 ^{acd}	14.53±0.39 ^{abcd}	25.92±2.48	29.77±2.69 ^{acd}	32.68±2.41 ^{abcd}
F	0.290	134.109	220.635	0.133	1772.060	1898.286	0.012	47.689	168.706
P	0.749	0.000	0.000	0.876	0.000	0.000	0.988	0.000	0.000

Note: Compared with the group at 1 h after PS administration, ^a $P<0.05$. Compared with the group at 4 h after PS administration, ^b $P<0.05$. Compared with the group A, ^c $P<0.05$. Compared with the group B, ^d $P<0.05$.

表 3 三组患儿的临床指标对比

Table 3 Comparison of clinical indexes of the three groups of children

Groups	Number of cases requiring endotracheal intubation for mechanical ventilation 3 days after medication(n, %)	Length of hospital stay(d, $\bar{x}\pm s$)
Group A(n=33)	11(33.33)	29.95±2.36
Group B(n=33)	3(9.09) ^c	24.86±2.21 ^c
Group C(n=34)	13(38.24) ^d	30.18±2.16 ^d
F/ χ^2	8.219	59.601
P	0.016	0.000

Note: Compared with the group A, ^c $P<0.05$. Compared with the group B, ^d $P<0.05$.

成量少,且 PS 多储存于细胞内,极少分泌至肺泡腔^[11];随着胎龄的增大,PS 量增多并分泌至肺泡腔内^[12]。故而针对胎龄 ≤ 34 周的患儿,一方面肺部解剖结构发育不完善,患儿出生后 Raw 大、VT 低,从而出现呼吸困难症状^[13];另一方面也是因为 PS 分泌不足,导致肺泡表面张力增加,进而使得肺泡在呼气相时出现萎缩,肺的 CD 下降,易出现呼吸窘迫症状^[14]。

在 1980 年 Fujiwara 等学者首次报道外源性 PS 可用于 NRDS 患儿的治疗后,不少研究证实^[15,16],外源性 PS 有利于降低 NRDS 患儿的病死率和并发症发生率。但也由于单一治疗手段难以发挥最佳的治疗效果,故临床常辅助其他治疗方式进行联合应用。nCPAP 是一种无创的呼吸支持形式,可为患儿提供恒定的、超过大气压的肺部扩张压力,从而维持肺功能残气量、

表 4 三组患儿的并发症发生率对比(n, %)

Table 4 Comparison of complication rate of the three groups of children(n, %)

Groups	BPD	Cerebral hemorrhage	Necrotizing enteritis	Retinopathy	Total incidence rate
Group A(n=33)	1(3.03)	1(3.03)	1(3.03)	2(6.06)	5(15.15)
Group B(n=33)	0(0.00)	1(3.03)	0(0.00)	1(3.03)	2(6.06)
Group C(n=34)	2(5.88)	2(5.88)	1(2.94)	2(5.88)	7(20.58)
χ^2					2.993
P					0.224

减少呼吸功,减轻肺损伤^[17]。而 PS 与 nCPAP 的联合应用,也使得 NRDS 患儿的病死率和并发症发生率大大下降^[18]。也有学者^[19]临床研究证实, NRDS 除应用 PS 外,联合呼吸支持可显著改善患儿的呼吸困难症状。但对于 nCPAP 的治疗最佳时间窗,则一直是临床的争议点。NRDS 多在患儿娩出后 2~12 h 内发病,发病后由于肺泡漏出的蛋白成分可能抑制 PS,故应尽早接受外源性 PS 治疗^[20]。但 nCPAP 的合理应用能够为 PS 治疗效益创造良好的肺部环境,有利于临床症状改善^[21]。本次研究结果显示,给予 PS 前预先进行 2-4 h 的 nCPAP,可较好的改善患儿血气分析指标和肺功能,降低用药后 3 天内需气管插管行机械通气风险,缩短住院时间。NRDS 的肺泡存在进行性萎陷,血氧交换量降低,使患儿体内氧含量以及二氧化碳蓄积量异常减少^[22]。因此,临床诊断呼吸困难严重程度较为直观的方法为血气分析指标检测,常见指标为 PaO₂、PaCO₂、pH 值^[23,24]。此外,PS 的不足除了导致肺泡表面张力不受控制外,还会降低肺部顺应性^[25]。给予 PS 前预先进行 2-4 h 的 nCPAP,可发挥早期治疗优势,PS 可在 nCPAP 的帮助下快速的在肺泡内充分、均匀的分布,使患儿的氧合功能和换气功能得到有效改善,更好地改善患儿血气指标,防止肺泡 - 毛细血管被破坏,进而促进患儿自主呼吸的恢复,改善肺功能残气量和肺内分流情况,有利于提高肺功能,同时还可降低用药后 3 天内需气管插管行机械通气风险,缩短住院时间,提高临床治疗效果^[26-28]。而给予 PS 前预先进行小于 2 h 的 nCPAP、立即给予 PS 这 2 个时间点改善效果相对更差,考虑可能是因为没有创造适合的肺部环境,进而导致 PS 疗效一般,而得不到最佳效果^[29,30]。本研究结果还显示,三组并发症发生率差异无统计学意义,提示三组治疗方式均具有较好的安全性。

综上所述,给予 PS 前预先进行 2-4 h 的 nCPAP,可较好地改善患儿血气分析指标和肺功能,降低用药后 3 天内需气管插管行机械通气风险,缩短住院时间,安全性较好。

参考文献(References)

- [1] You H, Huang X. Effect of pulmonary surfactant on the prevention of neonatal respiratory distress syndrome in premature infants [J]. *Am J Transl Res*, 2021, 13(4): 3642-3649
- [2] Yi Z, Tan Y, Liu Y, et al. A systematic review and meta-analysis of pulmonary surfactant combined with budesonide in the treatment of neonatal respiratory distress syndrome[J]. *Transl Pediatr*, 2022, 11(4): 526-536
- [3] 张艳,李书芳,蒋秀芳,等. NAVA 联合 PS 治疗新生儿呼吸窘迫综合征的临床疗效及对预后的影响分析[J]. *国际呼吸杂志*, 2018, 38(6): 441-445

- [4] 李雪莲,刘蕾,李丝,等. PS 联合 NIPPV 救治新生儿呼吸窘迫综合征的疗效观察[J]. *重庆医学*, 2012, 41(26): 2736-2737
- [5] 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
- [6] 中国医师协会新生儿科医师分会. "新生儿急性呼吸窘迫综合征"蒙特勒标准 (2017 年版)[J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2017, 32(19): 1456-1458
- [7] 黄荔涵. 鼻塞持续气道正压通气联合不同时间应用肺表面活性物质对≤ 32 周早产呼吸窘迫综合征患儿预后的影响[J]. *中国妇幼保健*, 2018, 33(5): 1090-1093
- [8] 万秋风. 新生儿呼吸窘迫综合征病因学研究进展[J]. *儿科药理学杂志*, 2015, 21(2): 60-63
- [9] Cañadas O, Olmeda B, Alonso A, et al. Lipid-Protein and Protein-Protein Interactions in the Pulmonary Surfactant System and Their Role in Lung Homeostasis[J]. *Int J Mol Sci*, 2020, 21(10): 3708
- [10] Knudsen L, Ochs M. The micromechanics of lung alveoli: structure and function of surfactant and tissue components [J]. *Histochem Cell Biol*, 2018, 150(6): 661-676
- [11] Autilio C, Pérez-Gil J. Understanding the principle biophysics concepts of pulmonary surfactant in health and disease [J]. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 2019, 104(4): F443-F451
- [12] 赵小燕,张帆,朱良梅,等. 肺表面活性物质气管内滴入联合枸橼酸咖啡因治疗早产儿呼吸窘迫综合征疗效研究[J]. *创伤与急危重病医学*, 2022, 10(3): 225-227, 231
- [13] Ye W, Zhang T, Shu Y, et al. The influence factors of neonatal respiratory distress syndrome in Southern China: a case-control study [J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2020, 33(10): 1678-1682
- [14] 林报忠,郑通喜,周红艳,等. 不同胎龄及不同程度的呼吸窘迫综合征新生儿治疗后肺功能情况观察 [J]. *河北医药*, 2018, 40(7): 1065-1067
- [15] Rong H, Bao Y, Wen Z, et al. Nebulized versus invasively delivered surfactant therapy for neonatal respiratory distress syndrome: A systematic review and meta-analysis[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2020, 99(48): e23113
- [16] 钱文亚. 外源性肺表面活性物质治疗新生儿呼吸窘迫综合征研究进展[J]. *临床儿科杂志*, 2018, 36(6): 476-479
- [17] Zannin E, Veneroni C, Dellacà RL, et al. Effect of continuous positive airway pressure on breathing variability in early preterm lung disease[J]. *Pediatr Pulmonol*, 2018, 53(6): 755-761
- [18] 方杏香,夏芬芬,潘其芬,等. 经微管气管内注入肺泡表面活性剂与持续气道正压通气序贯疗法对新生儿呼吸窘迫综合征的治疗效果和安全性评价[J]. *中国妇幼保健*, 2022, 37(13): 2413-2416

- anesthetics isoflurane and sevoflurane for the drug-induced QT-interval prolongation in guinea pigs [J]. *J Pharmacol Sci*, 2020, 143(1): 39-44
- [20] 刘新燕, 陈永学, 高金贵, 等. 喉罩通气下七氟醚全凭吸入麻醉在小儿先天性心脏病介入手术的临床麻醉效果[J]. *现代生物医学进展*, 2020, 20(6): 1168-1171, 1192
- [21] 王焰斌, 王小雷, 黄志勇, 等. 舒芬太尼对先天性心脏病手术婴儿气管插管眼压与术中应激反应的影响 [J]. *广东医学*, 2011, 32(5): 617-620
- [22] 邱永升, 贾英萍, 徐庆. 右美托咪定对紫绀型先天性心脏病婴幼儿体外循环应激反应的影响[J]. *上海医学*, 2015, 38(12): 878-881
- [23] Devroe S, Lemiere J, Van Hese L, et al. The effect of xenon-augmented sevoflurane anesthesia on intraoperative hemodynamics and early postoperative neurocognitive function in children undergoing cardiac catheterization: A randomized controlled pilot trial[J]. *Paediatr Anaesth*, 2018, 28(8): 726-738
- [24] Houyel L, To-Dumortier NT, Lepers Y, et al. Heart transplantation in adults with congenital heart disease [J]. *Arch Cardiovasc Dis*, 2017, 110(5): 346-353
- [25] 田倩, 李环, 张越, 等. 血清心肌肌酸激酶同工酶活性大于肌酸激酶的病例分析[J]. *国际检验医学杂志*, 2022, 43(14): 1671-1674
- [26] 沈君. 婴幼儿先天性心脏病围术期 hs-CRP 和 cTnI 监测的临床意义[J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2013, 5(1): 40-42
- [27] 郭善亮, 周涛, 刘小兵, 等. 小儿先天性心脏病介入封堵术不同麻醉方法效果比较[J]. *南昌大学学报(医学版)*, 2014, 54(9): 93-95
- [28] Xiong HY, Liu Y, Shu DC, et al. Effects of Sevoflurane Inhalation During Cardiopulmonary Bypass on Pediatric Patients: A Randomized Controlled Clinical Trial [J]. *ASAIO J*, 2016, 62 (1): 63-68
- [29] Nogami K, Taniguchi S, Togami K. Transient cardiac arrest in a child with Down syndrome during anesthesia induction with sevoflurane: a case report[J]. *JA Clin Rep*, 2016, 2(1): 18
- [30] Xu N, Chen Q, Huang ST, et al. Sufentanil Reduces Emergence Delirium in Children Undergoing Transthoracic Device Closure of VSD After Sevoflurane-Based Cardiac Anesthesia [J]. *Braz J Cardiovasc Surg*, 2020, 35(5): 660-665
- [31] Han D, Liu YG, Pan SD, et al. Comparison of sufentanil-midazolam and sevoflurane for anesthesia induction in children undergoing cardiac surgery by real-time hemodynamic and cardiac efficiency monitoring: A prospective randomized study [J]. *Heart Surg Forum*, 2019, 22(1): E038-E044

(上接第 1790 页)

- [19] Wang TY, Zhu Y, Yin JL, et al. The effect of high-frequency oscillatory ventilator combined with pulmonary surfactant in the treatment of neonatal respiratory distress syndrome [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2022, 101(32): e29940
- [20] 张英利. 肺表面活性物质不同给药时机治疗新生儿呼吸窘迫综合征效果及并发症发生率分析 [J]. *数理医药学杂志*, 2019, 32(10): 1550-1552
- [21] Renesme L, Dumas de la Roque E, Germain C, et al. Nasal high-frequency percussive ventilation vs nasal continuous positive airway pressure in newborn infants respiratory distress: A cross over clinical trial[J]. *Pediatr Pulmonol*, 2020, 55(10): 2617-2623
- [22] 黄娜, 王宝岗. 神经调节辅助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疗效 [J]. *中国妇幼保健*, 2022, 37(5): 848-851
- [23] 丁阿亮, 徐令奇, 谭彩萍, 等. 动脉血气分析在急性呼吸困难患者中临床应用研究[J]. *中国血液流变学杂志*, 2022, 32(1): 90-94
- [24] 惠正刚, 常明. 鼻塞式持续正压通气治疗新生儿呼吸困难的临床疗效及血气指标水平分析[J]. *贵州医药*, 2019, 43(11): 1716-1718
- [25] 秦建品, 杨琴, 杨涛. 枸橼酸咖啡因联合 PS 对新生儿呼吸窘迫综合征患儿肺功能及血清 NT-proBNP IL-6 水平的关联性[J]. *河北医学*, 2021, 27(7): 1099-1103
- [26] Meneses J, Bhandari V, Alves JG. Nasal intermittent positive-pressure ventilation vs nasal continuous positive airway pressure for preterm infants with respiratory distress syndrome: a systematic review and meta-analysis [J]. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 2012, 166 (4): 372-376
- [27] 邢芳华, 林毅, 胡夏, 等. 早期与晚期应用肺表面活性物质联合经鼻持续气道正压通气治疗新生儿呼吸窘迫综合征的比较研究[J]. *现代生物医学进展*, 2019, 19(13): 2571-2575
- [28] 汪燕, 鲁利群, 杨欣, 等. 微创肺表面活性物质对呼吸窘迫综合征新生儿肝肾功能、氧合功能及呼吸功能的影响[J]. *现代生物医学进展*, 2020, 20(16): 3138-3142
- [29] Zhu X, Qi H, Feng Z, et al. Noninvasive High-Frequency Oscillatory Ventilation vs Nasal Continuous Positive Airway Pressure vs Nasal Intermittent Positive Pressure Ventilation as Postextubation Support for Preterm Neonates in China: A Randomized Clinical Trial [J]. *JAMA Pediatr*, 2022, 176(6): 551-559
- [30] Haidar Shehadeh AM. Non-invasive high flow oscillatory ventilation in comparison with nasal continuous positive pressure ventilation for respiratory distress syndrome, a literature review [J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2021, 34(17): 2900-2909