

新生儿无创高频振荡通气研究进展

黄佳 综述 袁琳 陈超 审校

(复旦大学附属儿科医院新生儿科, 上海 201102)

[摘要] 在新生儿重症监护室, 无创通气是治疗轻中度呼吸衰竭重要的呼吸管理技术, 正确合理的应用可以有效避免有创呼吸机的使用及相应并发症的发生。近年研究发现, 无创高频振荡通气(nHFOV)结合了经鼻持续气道正压通气(nCPAP)和高频通气(HFV)的优点, 可以迅速改善氧合、有效清除二氧化碳, 较好地改善呼吸衰竭, 被认为是一类新型有效的无创通气模式。国际上对新生儿nHFOV技术的合理使用及有效性、安全性等进行了许多研究, 取得了许多重要的经验和结果, 该文就新生儿nHFOV的临床研究进展进行综述。

[中国当代儿科杂志, 2017, 19(5): 607-611]

[关键词] 呼吸衰竭; 无创高频振荡通气; 新生儿

Research advances in noninvasive high-frequency oscillatory ventilation in neonates

HUANG Jia, YUAN Lin, CHEN Chao. Department of Neonatology, Children's Hospital of Fudan University, Shanghai 201102, China (Email: chen0610@163.com)

Abstract: Noninvasive ventilation is an important respiratory management technique for the treatment of mild or moderate respiratory failure in the neonatal intensive care unit. Its reasonable application can effectively avoid the use of invasive ventilation and related complications. Recent studies have found that noninvasive high-frequency oscillatory ventilation has the advantages of both nasal continuous positive airway pressure and high-frequency ventilation and can rapidly improve oxygenation, effectively remove carbon dioxide, and improve respiratory failure. Therefore, it is considered a new and effective noninvasive ventilation mode. There are many studies on the rational use, efficacy, and safety of noninvasive high-frequency oscillatory ventilation in neonates around the world. This article reviews the advances in the clinical studies on noninvasive high-frequency oscillatory ventilation in neonates.

[Chin J Contemp Pediatr, 2017, 19(5): 607-611]

Key words: Respiratory failure; Noninvasive high-frequency oscillatory ventilation; Neonate

无创通气是新生儿重症监护病房(NICU)常用的呼吸支持技术^[1], 正确使用无创通气可以有效地治疗各类疾病所致的轻中度呼吸衰竭, 避免和减少了气管插管和有创呼吸机的使用, 减少相关并发症^[2-3], 提高了新生儿生存率及生活质量^[4-5]。目前NICU中常用的无创通气方式有经鼻持续气道正压通气(nCPAP)、经鼻双水平气道正压通气(BiPAP)、鼻塞同步间歇指令通气(nIPPV)^[6-7]、高流量鼻导管通气(HFNC)^[8]等。美国和欧洲的指南都推荐早期应用无创通气模式治疗早产儿呼吸疾病可获得理想疗效^[9-10]。但上述无创呼吸支持

在肺部疾病较重时仍难以改善二氧化碳潴留, 约43%~80%的中重度呼吸衰竭新生儿须气管插管和有创呼吸机通气^[11], 仍有16%~40%需要呼吸机治疗的新生儿撤机困难^[12-13]。

无创高频振荡通气(nasal high frequency oscillatory ventilation, nHFOV)是一种较新的无创通气模式^[14], 它通过鼻塞或鼻导管给予的气流产生连续正压, 用超过生理通气的高频率振荡叠加在该压力之上, 继而实现有效的气体交换。nHFOV结合了nCPAP和高频通气的优点, 具有无创、保持持续肺膨胀、潮气量小等优点, 可迅速改善氧

合及清除二氧化碳^[15],减少撤机失败的风险,被认为是一种新型有效的无创通气模式^[16]。国际上对新生儿 nHFOV 技术的有效性、安全性进行了许多研究,取得了许多重要经验和结果,本文就新生儿 nHFOV 的临床研究进展进行综述。

1 新生儿 nHFOV 的发展历史

1998 年 van der Hoeven 等^[12]首次报道将 nHFOV 用于新生儿,提出 nHFOV 能更有效地降低动脉血二氧化碳分压(PaCO_2),减少再次插管的概率。2008 年 Colaizy 等^[13]治疗需要 nCPAP 通气的超低出生体重儿,发现也有同样的疗效。2012 年 Czernik 等^[17]对拔管困难新生儿予以拔管后使用 nHFOV,取得明显效果。2015 年 Fischer 等^[18]对欧洲五国(奥地利、瑞士、德国、荷兰、瑞典)的调查发现 nHFOV 使用率已达 17%。

因此, nHFOV 被认为是一种新型有效的无创通气模式^[16]。但目前报道缺乏大规模的随机对照临床试验对其具体参数设置、有效性及安全性进行系统的概述,故目前 nHFOV 的使用仍然是在探索中不断完善的过程。

2 新生儿 nHFOV 的基本原理

nHFOV 是机器直接将高频率、低潮气量的气流通过无创的方式快速地喷入气道内,通过泰勒型扩散、肺的摇摆、分子弥散等使肺内气体弥散更加充分,纠正通气血流失调^[19]。高频通气模式到达肺泡水平的压力低,可维持呼气末肺容量位于正常水平,避免了肺泡的反复启闭,不产生剪切力,可有效减少肺实质受到的压力伤及容量伤,减少 BPD 等疾病的发生^[20]。持续存在的气道压起到机械性支气管扩张作用,防止细支气管的气道闭陷,增大功能残气量,改善通气/血流比值,提高氧分压,使肺泡内二氧化碳有效排出^[21]。

但仍须注意的是,实验数据表明在 nHFOV 与患儿接触的界面仍存在大量的压力损失^[22-23]。因而,在气体交换的动力方面, nHFOV 仍明显低于有创的高频通气方式^[24]。

3 新生儿 nHFOV 的使用方法

目前已开展的临床研究中, nHFOV 主要用于早产儿出现呼吸衰竭或 nCPAP 通气失败时^[14,25]。患儿本身肺部病变情况及 nHFOV 参数调节将直接影响通气和氧合效果。

3.1 适应证

(1) 患儿出现呼吸频率增快、三凹征、呻吟;
(2) 在 nCPAP 或鼻导管通气下吸入氧浓度(FiO_2) $>60\%$ 、呼气末正压(PEEP) $>8\text{ cm H}_2\text{O}$ 才能维持血氧饱和度(TcSO_2) 在 90% 以上,并且血气分析无 II 型呼吸衰竭表现;
(3) 经 nCPAP 或鼻导管通气 2 h 后,血气分析显示呼吸衰竭表现,提示通气失败;
(4) 胸片提示通气不足。

3.2 无创高频呼吸机的种类

目前无创高频呼吸机主要包括:专用的无创高频呼吸机 and 传统高频呼吸机接无创管路两类^[26]。

3.3 无创接口种类

2010 年 De Luca 等^[27]在新生儿膜肺上的研究发现可以使用普通鼻塞、鼻罩、鼻导管等多种接口进行 nHFOV,呼吸机的潮气量受管路直径及材质软硬程度的影响。迄今为止发表的文献中,主要使用单鼻道、长的、阻力较高的鼻导管。增大管路的直径可以有效地增加潮气量^[27]。呼吸机管路的长度不宜过长,以尽量减少死腔。在硬质材料中,震荡传输的效率较高^[28]。但在实际应用中呼吸机与病人连接的部分通常使用较为柔软的材质进行一定程度的减震,增加病人的舒适性^[29]。所以在选择接口时需减少压力损失和舒适性之间形成较好的平衡。

3.4 吸呼时间比值(I:E)和吸气时间(Ti)设置

目前文献推荐 I:E 为 1:1~1:2,即 Ti 为 50%~33%^[30]。在频率和压力恒定情况下,潮气量随 I:E 增加而增加。

3.5 平均气道压(MAP)设置

在新生儿 nHFOV 参数设置中,潮气量随 MAP 增加而增加。在生后早期首次使用 nHFOV 时,推荐初设压力为 $8\text{ cm H}_2\text{O}$,可在 $6\sim 12\text{ cm H}_2\text{O}$ 之间调整^[31]。如为 CPAP 通气失败后或有创呼吸机撤离后改用 nHFOV 时,初始 MAP 设置可等同于 CPAP

模式中的 PEEP 或有创通气时设置的 MAP^[17]。之后根据临床表现、血气分析及胸片情况逐渐调整参数,以确定最佳 MAP 值。如 MAP ≤ 7.5 cm H₂O 可考虑改为 CPAP 模式^[31]。

3.6 振幅设置

关于 nHFOV 的振幅设置,多数文献推荐为 MAP 的 2 倍,约为 20~50 cm H₂O 左右,以看见胸壁震荡起伏为初调标准^[13],因为无创高频排出的主要是上呼吸道死腔内的二氧化碳,故不一定需要提高振幅至看到明显的胸壁震荡^[15]。振幅增大可明显增加通气,提高潮气量,但是同时可能引起新生儿的不适感。回顾性分析发现,对于支气管肺发育不良(BPD)高危患儿设置振幅需偏高;而对于撤离有创呼吸机后的患儿振幅设置偏低^[30]。

3.7 频率设置

目前研究频率初始设置为 6~10 Hz,在恒定压力、振幅、吸气时间都恒定的状态下,频率设置为 8 Hz 时,可达到最佳二氧化碳排出的状态^[15]。自主呼吸较强时,建议频率稍高(8~10 Hz);自主呼吸较弱时,在密切观察下将频率设置稍低(6~8 Hz),使用 1 h 后如临床症状、血气分析改善不明显则应立即改为有创呼吸机辅助通气^[31]。对于 BPD 患儿 nHFOV 频率设置应偏低而对于撤离有创呼吸机后的患儿频率设置应偏高。因频率变化对二氧化碳的影响较大,如通气不足,建议优先上调振幅,在振幅设置合理的情况下仍存在有明显二氧化碳潴留的情况,则再考虑下调频率^[31]。

3.8 吸入氧浓度设置

根据 TcSO₂ 和血气氧分压调整。如果 FiO₂ 达到 40% 以上方能维持 TcSO₂ 稳定,则需考虑是否参数设置未达到最佳的呼气末肺容积,应调整 MAP,而并非盲目调整 FiO₂^[16]。

在 nHFOV 中,当 I:E 为 1:2、呼吸频率 10 Hz、振幅 50 cm H₂O 时可提供的交换气体量为 2 mL,MAP 为 5~6 cm H₂O 时,对于 1.5~2 kg 的患儿比较理想^[30]。

3.9 其他

当存在呼吸衰竭,需使用 nHFOV 治疗时,除合理设置 nHFOV 参数外,仍须加强病因治疗,及抗感染、气道护理等对症支持治疗。

4 新生儿 nHFOV 的临床疗效评估

4.1 nHFOV 疗效评估

目前国内外尚无关于新生儿无创高频通气的大规模随机对照试验的文献报道^[32],但自 1998 年首次病例报道后^[12],无创高频通气逐渐推广,陆续有相关文献对其疗效做出评价,主要用于:①极低和超低出生体重儿因呼吸窘迫综合征(RDS)等疾病所致的呼吸衰竭时及 nCPAP 通气失败时使用,可及时改善通气,纠正较严重的低氧血症和高碳酸血症^[33],减少对氧气的需求,避免和减少气管插管、有创呼吸机辅助通气的应用。② BPD 等疾病撤离呼吸机困难时,使用无创高频通气有利于撤机,减少再次气管插管风险^[34-37]。见表 1。

表 1 新生儿无创高频通气临床研究

作者	年份	例数	有效例数	研究类型	治疗疾病	病人类型	结论
van der Hoeven ^[12]	1998	21	16(76%)	单中心病例分析	RDS、湿肺、气胸、呼吸暂停,CPAP 失败	足月儿、早产儿	降低 PaCO ₂ , 减少再次插管概率
Hoehn ^[34]	2000	1	1(100%)	单中心病例报道	RDS	超早产儿	降低 PaCO ₂ 、避免一次再次插管
Colaizy ^[13]	2008	14	13(93%)	单中心前瞻性非随机预试验	RDS 恢复期(<7 d)	超低出生体重儿	降低 PaCO ₂ 、无创高频是安全的
Dumas ^[35]	2007~2009	46	/	单中心前瞻性非双盲随机对照试验	重症湿肺	足月儿、早产儿	可减少机械通气时间及氧疗时间
Czernik ^[17]	2009~2010	20	14(70%)	单中心病例报道	各种类型呼衰,拔管困难	足月儿、早产儿	在有撤机失败高风险病例撤机后的有效性
Mukerji ^[36]	2010~2012	79	46(58%)	多中心回顾性病例报道	BPD, 拔管后等	早产儿、足月儿	可降低 PaCO ₂ 、可降低需氧浓度
Aktas ^[37]	2014	3	3(100%)	单中心病例报道	RDS, BPD	超早产儿	是安全和舒适的

4.2 nHFOV 临床监测指标

需持续监测呼吸、心率、 TcSO_2 ；每2 h监测一次血压；更改为nHFOV后2 h内复查血气分析，在治疗期间注意监测血气分析，撤机后1~2 h后复查血气分析^[38]。

(1) nHFOV 治疗有效标准：①患儿无呼吸困难；② TcSO_2 维持在90%~95%之间；③血气分析：氧分压(PaO_2)维持在60~80 mm Hg， PaCO_2 维持在40~60 mm Hg；④氧合指数(OI)>300；⑤X线检查：右膈面达到第8~9肋水平^[12-13,17,34-37]。

(2) nHFOV 治疗失败标准：① MAP >14 cm H_2O 或 FiO_2 >40%方能维持血氧稳定；② PaCO_2 >70 mm Hg；③出现严重呼吸暂停：24 h内发作>6次，或至少2次需要复苏囊正压通气才能恢复^[12-13,17,34-37]。

(3) nHFOV 撤离标准：病情稳定， MAP <6 cm H_2O 或 FiO_2 <25%维持 TcSO_2 稳定^[37]。

5 新生儿 nHFOV 的安全性

5.1 安全性

无创高频通气减少了气管插管和有创呼吸机的应用，也减少气管插管过程中颅内出血的风险，安全性更高，更为舒适^[37]。同时，可减少长时间气管插管引起的气道狭窄及声门下梗阻等并发症的发生；减少因长期使用呼吸机而导致的肺容量伤、肺气压伤、呼吸相关肺炎、BPD^[39-40]、早产儿视网膜病(ROP)等疾病发生率^[41-42]。动物试验发现长期nHFOV可在一定程度上有效保护肺功能^[20]。与其他无创通气模式相比，无创高频通气不容易引起声门关闭，在一定程度上减少了腹胀的发生^[43-44]。

5.2 不良反应

调查发现最常见的不良反应主要有腹胀、气道分泌物较多所致的通气困难、烦躁等^[18]，但小规模临床研究均未提示有这些不良反应。研究表明，在使用鼻面罩进行nHFOV，频率调整为4 Hz时有抑制呼吸中枢的作用可能与刺激了迷走神经肺牵张感受器或者胸壁迷走神经传入活动相关，炎症、疼痛等不适也是因素之一^[1]。在成人无创高频通气研究发现，nHFOV可以刺激中枢性睡眠呼吸暂停患者的自主呼吸。因nHFOV潮气量小，对于严重呼吸衰竭、呼吸节律改变的患者，通气的疗效欠佳。至于nHFOV对循环系统的影响尚不

明确。

总之，目前关于nHFOV使用大部分报道样本量较小，缺乏严格的随机对照研究，虽然研究结果提示新生儿无创高频通气是有效安全的，但仍需更有说服力的随机对照研究证明新生儿使用nHFOV的有效性和安全性。

[参 考 文 献]

- [1] Firestone KS, Beck J, Stein H. Neurally adjusted ventilatory assist for noninvasive support in neonates[J]. Clin Perinatol, 2016, 43(4): 707-724.
- [2] Kribs A. Minimally invasive surfactant therapy and noninvasive respiratory support[J]. Clin Perinatol, 2016, 43(4): 755-771.
- [3] Schmolzer GM, Kumar M, Picheler G, et al. Non-invasive versus invasive respiratory support in preterm infants at birth: systematic review and meta-analysis[J]. BMJ, 2013, 347: f5980.
- [4] 中华儿科杂志编委会, 中华医学会儿科学分会新生儿学组. 新生儿机械通气常规[J]. 中华儿科杂志, 2015, 53(5): 327-330.
- [5] Null DJ, Crezee K, Bleak T. Noninvasive respiratory support during transportation[J]. Clin Perinatol, 2016, 43(4): 741-754.
- [6] Lemyre B, Lauqhon M, Bose C, et al. Early nasal intermittent positive pressure ventilation (NIPPV) versus early nasal continuous positive airway pressure (NCPAP) for preterm infants[J/OL]. Cochrane Database Syst Rev, 2016, 12: CD005384.
- [7] Manley BJ. Nasal High-flow therapy for preterm infants: review of neonatal trial data[J]. Clin Perinatol, 2016, 43(4): 673-691.
- [8] Kadivar MM, Mosayebi Z, Razi N, et al. High flow nasal cannulae versus nasal continuous positive airway pressure in neonates with respiratory distress syndrome managed with INSURE method: A randomized clinical trial[J]. Iran J Med Sci, 2016, 41(6): 494-500.
- [9] Sakonidou S, Dhaliwal J. The management of neonatal respiratory distress syndrome in preterm infants (european consensus guidelines--2013 update)[J]. Arch Dis Child Educ Pract Ed, 2015, 100(5): 257-259.
- [10] Vento G, Pastorino R, Boni L, et al. Efficacy of a new technique intubate recruit surfactant extubate "INRECSURE" in preterm neonates with respiratory distress syndrome: study protocol for a randomized controlled trial[J]. Trials, 2016, 17: 414.
- [11] Greenough A, Lingam I. Invasive and non-invasive ventilation for prematurely born infants current practice in neonatal ventilation[J]. Expert Rev Respir Med, 2016, 10(2): 185-192.
- [12] van der Hoeven M, Brouwer E, Blanco CE. Nasal high frequency ventilation in neonates with moderate respiratory insufficiency[J]. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 1998, 79(1): F61-F63.
- [13] Colaizy TT, Younis UM, Bell EF, et al. Nasal high-frequency ventilation for premature infants[J]. Acta Paediatr, 2008, 97(11): 1518-1522.
- [14] Mukerji A, Dunn M. High-frequency ventilation as a mode of

- noninvasive respiratory support[J]. Clin Perinatol, 2016, 43(4): 725-740.
- [15] Mukerji A, Finelli M, Belik J. Nasal high-frequency oscillation for lung carbon dioxide clearance in the newborn[J]. Neonatology, 2013, 103(3): 161-165.
- [16] De Luca D, Dell'Orto V. Non-invasive high-frequency oscillatory ventilation in neonates: review of physiology, biology and clinical data[J/OL]. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 2016, doi:10.1136/archdischild-2016-310664.
- [17] Czernik C, Schmalisch G, Buhner C, et al. Weaning of neonates from mechanical ventilation by use of nasopharyngeal high-frequency oscillatory ventilation: a preliminary study[J]. J Matern Fetal Neonatal Med, 2012, 25(4): 374-378.
- [18] Fischer HS, Bohlin K, Buhner C, et al. Nasal high-frequency oscillation ventilation in neonates: a survey in five European countries[J]. Eur J Pediatr, 2015, 174(4): 465-471.
- [19] Yuan Y, Sun J, Wang B, et al. A noninvasive high frequency oscillation ventilator: Achieved by utilizing a blower and a valve[J/OL]. Rev Sci Instrum, 2016, 87(2): 025113.
- [20] Null DM, Alvord J, Leavitt W, et al. High-frequency nasal ventilation for 21d maintains gas exchange with lower respiratory pressures and promotes alveolarization in preterm lambs[J]. Pediatr Res, 2014, 75(4): 507-516.
- [21] Esquinas AM, Carlo WA. Non-invasive high-frequency oscillatory ventilation (n-HFOV). Thoughts about a bench model[J]. Pediatr Pulmonol, 2013, 48(12): 1250-1251.
- [22] Mukerji A, Belik J. Neonatal nasal intermittent positive pressure ventilation efficacy and lung pressure transmission[J]. J Perinatol, 2015, 35(9): 716-719.
- [23] Owen LS, Morley CJ, Davis PG. Pressure variation during ventilator generated nasal intermittent positive pressure ventilation in preterm infants[J]. Archs Dis Child Fetal Neonatal Ed, 2010, 95(5): 359-364.
- [24] Yoder BA, Albertine KH, Null DJ. High-frequency ventilation for non-invasive respiratory support of neonates[J]. Semin Fetal Neonatal Med, 2016, 21(3): 162-173.
- [25] 涂燕青, 江月明, 林宁, 等. 鼻塞高频喷射通气联合氨溴索治疗早产儿呼吸窘迫综合征的临床分析[J]. 中国基层医药, 2009, 16(5): 921-922.
- [26] Tingay DG, John J, Harcourt ER, et al. Are all oscillators created equal? In vitro performance characteristics of eight high-frequency oscillatory ventilators[J]. Neonatology, 2015, 108(3): 220-228.
- [27] De Luca D, Carnielli VP, Conti G, et al. Noninvasive high frequency oscillatory ventilation through nasal prongs: bench evaluation of efficacy and mechanics[J]. Intensive Care Med, 2010, 36(12): 2094-2100.
- [28] van Genderingen HR, Versprille A, Leenhoven T, et al. Reduction of oscillatory pressure along the endotracheal tube is indicative for maximal respiratory compliance during high-frequency oscillatory ventilation: a mathematical model study[J]. Pediatr Pulmonol, 2001, 31(6): 458-463.
- [29] De Luca D, Costa R, Visconti F, et al. Oscillation transmission and volume delivery during face mask-delivered HFOV in infants: Bench and in vivo study[J]. Pediatr Pulmonol, 2016, 51(7): 705-712.
- [30] De Luca D, Piastra M, Pietrini D, et al. Effect of amplitude and inspiratory time in a bench model of non-invasive HFOV through nasal prongs[J]. Pediatr Pulmonol, 2012, 47(10): 1012-1018.
- [31] Binmanee A, El Helous S, Shivananda S, et al. Use of high non-invasive respiratory support pressures in preterm neonates: a single center experience[J/OL]. J Matern Fetal Neonatal Med, 2016, doi:10.1080/14767058.2016.1265931: p1-17.
- [32] 张涛, 高薇薇, 陈佳, 等. 无创高频振荡通气在新生儿拔管后呼吸支持中的应用[J]. 广东医学, 2016, 37(S1): 38-41.
- [33] Klotz D, Schaefer C, Stavropoulou D, et al. Leakage in nasal high-frequency oscillatory ventilation improves carbon dioxide clearance-A bench study[J/OL]. Pediatr Pulmonol, 2016, doi: 10.1002/ppul.23534.
- [34] Hoehn T, Krause MF. Effective elimination of carbon dioxide by nasopharyngeal high-frequency ventilation[J]. Respir Med, 2000, 94(11): 1132-1134.
- [35] Dumas DLRE, Bertrand C, Tandonnet O, et al. Nasal high frequency percussive ventilation versus nasal continuous positive airway pressure in transient tachypnea of the newborn: a pilot randomized controlled trial (NCT00556738)[J]. Pediatr Pulmonol, 2011, 46(3): 218-223.
- [36] Mukerji A, Singh B, Helou SE, et al. Use of noninvasive high-frequency ventilation in the neonatal intensive care unit: a retrospective review[J]. Am J Perinatol, 2015, 30(2): 171-176.
- [37] Aktas S, Unal S, Aksu M, et al. Nasal HFOV with binasal cannula appears effective and feasible in ELBW newborns[J]. J Trop Pediatr, 2016, 62(2): 165-168.
- [38] Durbin CJ, Blanch L, Fan E, et al. Respiratory care year in review 2013: airway management, noninvasive monitoring, and invasive mechanical ventilation[J]. Respir Care, 2014, 59(4): 595-606.
- [39] Fischer HS, Buhner C. Avoiding endotracheal ventilation to prevent bronchopulmonary dysplasia: a meta-analysis[J]. Pediatrics, 2013, 132(5): e1351-1360.
- [40] Rehan VK, Fong J, Lee R, et al. Mechanism of reduced lung injury by high-frequency nasal ventilation in a preterm lamb model of neonatal chronic lung disease[J]. Pediatr Res, 2011, 70: 462-466.
- [41] Wright CJ, Polin RA. Noninvasive Support: Does It Really Decrease Bronchopulmonary Dysplasia?[J]. Clin Perinatol, 2016, 43(4): 783-798.
- [42] Colaizy TT, Younis UMM, Bell EF, et al. Nasal high frequency ventilation for premature infants[J]. Acta Paediatr, 2008, 97(11): 1518-1522.
- [43] Hadj-Ahmed MA, Samson N, Nadeau C, et al. Laryngeal muscle activity during nasal high-frequency oscillatory ventilation in nonsedated newborn lambs[J]. Neonatology, 2015, 107(3): 199-205.
- [44] Mukerji A, Shah PS, Shivananda S, et al. Survey of noninvasive respiratory support practices in Canadian neonatal intensive care units[J]. Acta Paediatr, 2017, 106(3): 387-393.

(本文编辑: 王庆红)