

一种带可调节 PEEP 阀的高流量吸氧装置设计和应用

王书鹏 李维 李晨 李雯 宋德婧 孙晓丛

100029 北京中日友好医院外科重症医学科(王书鹏、李晨、李雯、宋德婧、孙晓丛),国际医疗部二病区(李维)

通讯作者:李维,Email:15652749107@163.com

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.09.015

【摘要】 呼气末正压(PEEP)是维持机械通气患者肺泡开放的常用手段,但气管切开的脱机患者常因卧床、误吸等因素造成肺泡塌陷,目前仍缺乏有效手段为这类患者提供 PEEP 支持。设计一种带有可调节 PEEP 阀的高流量吸氧装置为患者提供持续可调节的 PEEP,将有助于改善患者氧合,维持肺脏的生理功能。

【关键词】 高流量吸氧; 呼气末正压阀; 气管切开

基金项目: 国家实用新型专利(ZL2017 2 0932982.7)

Design and application of a high flow oxygen device with adjustable PEEP valve Wang Shupeng, Li Wei, Li Chen, Li Wen, Song Dejing, Sun Xiaocong

Department of Surgical Critical Care Medicine, China-Japan Friendship Hospital, Beijing 100029, China (Wang SP, Li C, Li W, Song DJ, Sun XC); Second Ward of International Department, China-Japan Friendship Hospital, Beijing 100029, China (Li W)

Corresponding author: Li Wei, Email: 15652749107@163.com

【Abstract】 Positive end-expiratory pressure (PEEP) is a common method to maintain alveolar patency in patients undergoing mechanical ventilation. However, in patients undergoing tracheotomy, alveolar collapse often occurs due to bedridden, aspiration, and other factors. There is currently no effective means to provide PEEP support for such patients. The application of a high-flow oxygen inhalation device with a PEEP valve was designed to provide patients with continuously adjustable PEEP, which helps to improve the patient's oxygenation and maintain the lung's physiological functions.

【Key words】 High flow oxygen inhalation; Positive end-expiratory pressure valve; Tracheotomy

Fund program: National Utility Model Patent of China (ZL2017 2 0932982.7)

呼吸衰竭迁延不愈或有气道问题的患者常需进行气管切开术作为长期管理手段。气管切开后有利于患者脱机^[1],早期切开还可改善患者预后^[2]。然而,这类患者在脱机后仍需保留气管造口状态;同时由于长期卧床,膈肌位置上抬,肺闭合容积增加,加之气管切开后失去咽喉部生理性呼气末正压(PEEP)的作用,容易发生肺不张,加重呼吸衰竭,甚至增加肺部感染发生率^[3]。外源性 PEEP 可维持患者肺泡的开放状态,改善通气/血流比例^[4-5],但目前用于气管切开患者的吸氧界面无法提供 PEEP 支持。为此,我们设计了一种新型高流量吸氧装置,在保证气管切开术后患者氧疗的基础上能提供可调节的 PEEP 支持,取得了很好的临床应用效果,并获得了国家实用新型专利(专利号:ZL2017 2 0932982.7)。

1 带可调节 PEEP 阀的高流量吸氧装置的设计和特点

带可调节 PEEP 阀的高流量吸氧装置由空氧混合器、流量调节装置、主动加温加湿装置、通气管路(包括吸气支路、T 型管和呼气支路)、可调节 PEEP 阀组成。该装置具有如下特点。

1.1 可精确调节吸入氧浓度(FiO₂)及吸气流量:带可调节 PEEP 阀的高流量吸氧装置用输氧管(图 1-1)和输气管(图 1-2)连接空氧混合器(图 1-3),气体来源于医院供气管路中的高压医用氧气和医用空气;在空氧混合器上配有旋

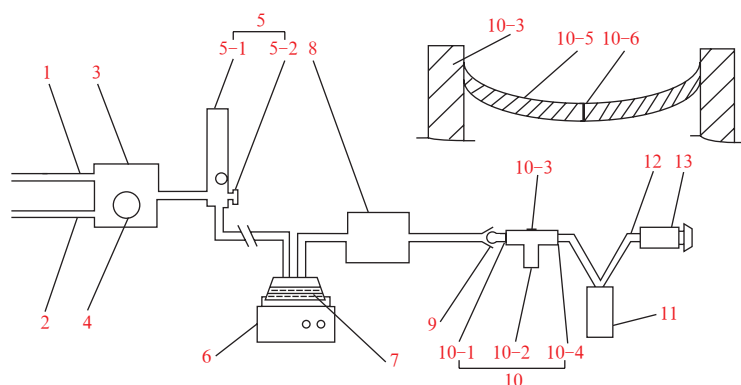
钮式 FiO₂ 调节装置(图 1-4),用于设定所需的 FiO₂,范围为 0.21~1.00。随后混合气体进入流量控制器(图 1-5),用于调节吸入气体的流量,范围为 5~60 L/min,可以提供高流量氧。

1.2 可加温加湿:气体经流量控制器后通过加热器(图 1-6)和湿化器(图 1-7),该主动加温加湿装置由湿化水罐、加热器、加水管路等组成,可以提供温度为 37~40℃、绝对湿度为 44~51 mg/L 的加温加湿效果。

1.3 可保证吸气流量,避免重复呼吸:在吸气管路中设计了储氧装置(图 1-8)和防返装置(图 1-9)。储氧装置可在患者深吸气的情况下提供最多 1L 的额外气体,以满足患者潮气量突然增加时的需求;防返装置可避免患者的呼出气返回至吸气管路,造成重复呼吸,从而避免二氧化碳潴留的发生。

1.4 方便吸痰及冷凝水收集:吸入气体经 T 型管(图 1-10)被患者吸入,T 型管盲端(即上端)为带有狭缝的柔性材料,用于插入吸痰管。T 型管呼气端连接集液装置(图 1-11),可避免冷凝水或患者痰液倒灌回患者体内。

1.5 可保证 PEEP:T 型管的呼气管路(图 1-12)总长度为 30 cm,PEEP 阀(图 1-13)位于呼气管路末端。PEEP 阀采用标准弹簧式阀门设计,依靠弹簧收缩产生的弹性形成阻碍呼气阀开放的压力,即 PEEP,压力调节范围为 0~10 cmH₂O (1 cmH₂O=0.098 kPa),可以通过 PEEP 阀上面的旋钮进行



注: 1 为输氧管, 2 为输空气管, 3 为空气混合器, 4 为吸入氧浓度调节旋钮, 5 为流量控制器 (5-1 为浮标流量计, 5-2 为调节旋钮), 6 为加湿器, 7 为雾化器, 8 为储氧器, 9 为单向阀, 10 为 T 型呼吸管路 (10-1 为吸气支路, 10-2 为气管连通路, 10-3 为吸痰支路, 10-4 为呼气支路, 10-5 为柔性材料片, 10-6 为狭缝), 11 为冷凝水收集器, 12 为呼气管路, 13 为 PEEP 阀

图 1 带可调节呼气末正压 (PEEP) 阀的高流量吸氧装置示意图及气管连通路截面图

设定,同时可以通过锁孔固定旋钮,防止误调节。

该装置利用传统的管道氧和空气提供了简单的高流量空氧混合气体的获取方式,同时因为 PEEP 阀为单向阀,只允许气体向外流动,患者在吸气时不会吸入外界空气,所以 FiO_2 和氧流量更加精确;整个呼吸管路的半密闭式设计有助于为呼吸道提供温暖湿润的环境,可调节的 PEEP 有助于维持患者的功能残气量,避免肺泡塌陷。整个管路由轻质材料构成,自身重量轻,患者佩戴舒适。

2 临床应用

2.1 带可调节 PEEP 阀的高流量吸氧装置的应用指征和临床效果:带可调节 PEEP 阀的高流量吸氧装置主要用于需要维持一定 PEEP 水平的气管切开患者,包括长期氧疗、肺部功能锻炼及气管切开后程序化撤机患者。

临床观察表明,PEEP 阀配合高流量吸氧装置在吸气流量大于 20 L/min 时能够保证整个 T 型管通路始终存在单向的加温加湿气流,推动 PEEP 阀处于开放的状态,管路内的压力在吸气相和呼气相均等于或略高于 PEEP 阀设定水平 (取决于吸气流量),从而产生持续气道正压 (CPAP) 的效果。吸气时吸气支路的高速气流顺压力梯度进入患者肺内,有助于减少吸气做功;呼气时患者肺泡内压力下降但不会低于管路内的压力,从而起到 PEEP 的作用。临床实际应用中,在 FiO_2 和流量不变的情况下,应用该装置可明显改善患者的氧合指数,使通气/血流比例得到改善,同时生命体征并没有显著变化,呼吸做功没有增加,也未发生二氧化碳潴留。

2.2 带可调节 PEEP 阀的高流量吸氧装置的应用前景:有研究表明,对于长时间带机患者,即使是自主呼吸模式如压力支持通气 (PS) 或 CPAP,仍不可避免地出现膈肌和其他呼吸肌的萎缩,较易出现呼吸机依赖^[6]。因此,尽早为患者创造脱机条件并进行肺部功能锻炼,对改善呼吸功能十分必要。对于脱机困难的患者,其原因之一是患者不能适应呼吸

机所造成的肺部呼吸力学和血流动力学的变化^[7],利用带可调节 PEEP 阀的高流量吸氧装置进行脱机训练可以减少生理指标的波动,理论上更适合患者平稳过渡到完全撤机状态,缩短机械通气时间,提高脱机成功率。

Vargas 等^[5]研究结果表明,给予外科术后患者应用 PEEP 可以改善氧合,降低肺不张的发生率,在 T 型管后应用 PEEP 阀改善氧合的作用明显优于 CPAP 或 PS 通气^[8],可以增加肺容积,减少肺不张的发生^[9-10]。带可调节 PEEP 阀的高流量吸氧装置利用 PEEP 阀为气管切开后患者提供 PEEP 支持,有助于患者耐受脱机状态,延长脱机时间,降低再次上机的风险,同时也可能预防肺不张,降低肺部感染的发生率。

综上,气管切开的脱机患者往往需要一定的 PEEP 支持,带 PEEP 阀的高流量吸氧装置能够提供可调节的 PEEP 水平,维持患者肺脏的生理功能,理论上能改善氧合,提高脱机成功率,降低肺部感染的发生率,值得在临床推广,但仍需进一步研究以确定其临床效果。

参考文献

- [1] Pierson DJ. Tracheostomy and weaning [J]. *Respir Care*, 2005, 50 (4): 526-533.
- [2] 王盛标,蔡业平,陈益藩,等. 影响长期机械通气患者预后的危险因素分析 [J]. *中华危重病急救医学*, 2007, 19 (2): 98-100. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1003-0603.2007.02.009. Wang SB, Cai YP, Chen YF, et al. Analysis of risk factors in prognosis in patients requiring long-term mechanical ventilation [J]. *Chin Crit Care Med*, 2007, 19 (2): 98-100. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1003-0603.2007.02.009.
- [3] Moradian ST, Najafloo M, Mahmoudi H, et al. Early mobilization reduces the atelectasis and pleural effusion in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery: a randomized clinical trial [J]. *J Vasc Nurs*, 2017, 35 (3): 141-145. DOI: 10.1016/j.jvn.2017.02.001.
- [4] Nieman GF, Satalin J, Andrews P, et al. Personalizing mechanical ventilation according to physiologic parameters to stabilize alveoli and minimize ventilator induced lung injury (VILI) [J]. *Intensive Care Med*, 2017, 5 (1): 8. DOI: 10.1186/s40635-017-0121-x.
- [5] Vargas M, Sutherasan Y, Gregoretti C, et al. PEEP role in ICU and operating room: from pathophysiology to clinical practice [J]. *Sci World J*, 2014, 2014: 852356. DOI: 10.1155/2014/852356.
- [6] Berger D, Bloechlinger S, von Haehling S, et al. Dysfunction of respiratory muscles in critically ill patients on the intensive care unit [J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2016, 7 (4): 403-412. DOI: 10.1002/jcsm.12108.
- [7] Navalesi P, Frigerio P, Patzlaff A, et al. Prolonged weaning: from the intensive care unit to home [J]. *Rev Port Pneumol*, 2014, 20 (5): 264-272. DOI: 10.1016/j.rppneu.2014.04.006.
- [8] Lovas A, Molnár Z. T-piece improves arterial and central venous oxygenation in tracheostomized patients as compared to continuous positive airway pressure/pressure support ventilation [J]. *Minerva Anesthesiol*, 2013, 79 (5): 492-497.
- [9] Allison A, Huizing X, Jolliffe C, et al. Effect of fixed value positive end expiratory pressure valves on canine thoracic volume and atelectasis [J]. *J Small Anim Pract*, 2017, 58 (11): 645-651. DOI: 10.1111/jsap.12710.
- [10] Matsumura T, Saito T, Fujimura H, et al. Lung inflation training using a positive end-expiratory pressure valve in neuromuscular disorders [J]. *Intern Med*, 2012, 51 (7): 711-716. DOI: 10.2169/internmedicine.51.6258.

(收稿日期: 2018-05-15)