

• 发明与专利 •

新型防喷溅吸痰功能人工鼻的设计和应用

范致远¹ 许臻芳¹ 邵忠华¹ 郁慧杰² 桂胜昊¹¹ 桐乡市第一人民医院急诊科, 浙江桐乡 314500; ² 嘉兴市第一医院急诊科, 浙江嘉兴 314000
通信作者: 桂胜昊, Email: 56351030@qq.com

【摘要】 在急诊科, 对气管插管机械通气患者采用开放式吸痰方式会导致呼吸道飞沫、气溶胶播散, 污染环境及医务人员。传统人工鼻具有加温湿化效果, 且能阻隔病原微生物, 但不具备插入吸痰管的功能, 在拔下人工鼻进行吸痰时, 容易造成痰液喷溅, 污染环境及医务人员, 而额外增加密闭式吸痰装置又会增加患者的经济负担。为此, 浙江省桐乡市第一人民医院急诊科医护人员设计了一种新型防喷溅吸痰功能人工鼻, 在传统人工鼻的基础上增加了防喷溅吸痰功能, 获得了国家实用新型专利(专利号: ZL 2021 2 0017615.0)。该人工鼻主要由容纳腔、连接管、吸痰管插管、密封瓣膜等组成, 可以使用一次性吸痰管插入吸痰, 同时能够防止分泌物喷溅, 保证了密封性。该专利将人工鼻的湿化、阻隔病原体功能与防喷溅吸痰功能相结合, 适合在急诊科和重症医学科使用, 有一定的临床应用价值。

【关键词】 人工鼻; 吸痰; 防喷溅; 气管插管**基金项目:** 国家实用新型专利(ZL 2021 2 0017615.0)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20220307-00212

Design and application of a new heat-and-moisture exchanger with anti-splash sputum suctioning functionFan Zhiyuan¹, Xu Liufang¹, Shao Zhonghua¹, Yu Huijie², Gui Shenghao¹¹Department of Emergency, Tongxiang First People's Hospital, Tongxiang 314500, Zhejiang, China; ²Department of Emergency, Jiaxing First Hospital, Jiaxing 314000, Zhejiang, China

Corresponding author: Gui Shenghao, Email: 56351030@qq.com

【Abstract】 In the emergency department, open endotracheal suctioning for mechanically ventilated patients with endotracheal intubation will lead to the spread of respiratory droplets and aerosols, polluting the surrounding environment and medical staff. The traditional heat-and-moisture exchanger has the effect of warming and humidifying, and can block pathogenic microorganisms, but it does not have the function of inserting a sputum suction tube. When the heat-and-moisture exchanger is pulled out for sputum suction, it is easy to cause sputum splash, which pollutes the surrounding environment and medical personnel. The addition of closed sputum suction devices will increase the economic burden on patients. Thus, the medical staff of emergency department of the First People's Hospital of Tongxiang City of Zhejiang Province designed a new type of heat-and-moisture exchanger with anti-splash sputum suctioning function and obtained the National Utility Model Patent of China (ZL 2021 2 0017615.0). The new heat-and-moisture exchanger is mainly composed of a receiving cavity, a connecting tube, a sputum suction tube intubation tube, a sealing valve, etc. The disposable sputum suction tube can be used to insert sputum suction, and at the same time, it can prevent the secretion from splashing to ensure sealing. The patent combines the humidification and pathogen blocking functions of the heat-and-moisture exchanger with the anti-splash sputum suctioning function, which is suitable for use in the emergency and critical care medicine departments and has clinically practical value.

【Key words】 Heat-and-moisture exchanger; Sputum aspiration; Splash prevention; Endotracheal intubation**Fund program:** National Utility Model Patent of China (ZL 2021 2 0017615.0)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20220307-00212

人工鼻又称温湿交换过滤器(heat-and-moisture exchanger, HME), 具有一个可保留呼出气体热量和水分的结构, 能够模拟鼻腔的功能, 将气体以温热湿化状态带进气道中, 主要用于对气管插管或气管切开机械通气患者的救治。由于人工气道绕过了上呼吸道对吸入气体的加温加湿作用, 下呼吸道黏膜的水分和热量大量丢失, 从而造成损伤^[1]。人工鼻可连接于气管插管或气管切开患者所留置气管导管的外口上, 为患者经气管导管处呼吸到的气体加温加湿, 减少直接吸入干燥空气对气道的损伤, 同时减少热量的丢失^[2]。目前研究显示, 人工鼻加温湿化效果与传统呼吸机相当^[3]。此外, 人工鼻另一项重要功能是阻隔病原微生物, 包括病毒、细菌、真菌等, 阻隔效率达到 99.99%, 因此人工鼻可以保持管路另一端接

近无菌的状态。将人工鼻接到气管导管上能够起到封闭管路的作用, 防止患者肺部的感染性痰液随呼吸及咳嗽进入空气而污染周围环境。然而, 在使用过程中发现, 人工鼻结构相对简单, 不具备插入吸痰管的功能, 当需要进行吸痰时必须拔下人工鼻或者额外接入一个密闭式吸痰装置。但是, 拔下人工鼻进行吸痰容易使痰液由气管导管咳出而发生喷溅, 污染环境及医务人员, 而额外增加密闭式吸痰装置则会增加患者经济负担。目前, 重症监护病房(intensive care unit, ICU) 普遍使用的密闭式吸痰装置也存在弊端, 如内置吸痰管非一次性, 反复使用可能会促使病原菌定植污染, 甚至导致呼吸机相关性肺炎(ventilator-associated pneumonia, VAP)。为此, 浙江省桐乡市第一人民医院急诊科医护人员设计了一

种具有防喷溅吸痰装置的新型人工鼻,既可以对进入患者气道内的气体加温加湿,又具有防喷溅吸痰功能,进而保护医务人员及周围环境,防止病原菌的传播,已经获得了国家实用新型专利(专利号:ZL 2021 2 0017615.0),报告如下。

1 新型防喷溅吸痰功能人工鼻的结构和功能

新型防喷溅吸痰功能人工鼻由容纳腔(图 1-1)、连接管(图 1-2)、吸痰管插管(图 1-3)和密封瓣膜(图 1-4)等组成。

1.1 容纳腔:容纳腔也是传统人工鼻的主要结构,由上壳体(图 1-5)和下壳体(图 1-6)对合后形成。在该容纳腔中装载有湿化滤芯(图 1-7)及过滤膜(图 1-8)。过滤膜由人造纤维或丙烯构成,带有静电电荷^[4],可吸附病毒或细菌;湿化滤芯多由吸水性材料构成,如用氯化钙或氯化锂浸染的纤维^[5]。其中,湿化滤芯位于容纳腔中的下壳体内部,而过滤膜则由对合的上壳体和下壳体固定。

1.2 连接管:连接管同样是传统人工鼻的主要结构,为下壳体下方与容纳腔连通的管道,可用于连接气管导管。

1.3 吸痰管插管:在连接管的侧壁上设有与连接管连通的吸痰管插管,便于插入吸痰管,可防止吸痰管在插入过程中出现过弯折而导致堵塞。为了使吸痰管插入更加顺滑,吸痰管插管倾斜向上设置,与连接管的夹角范围为 $45^{\circ} \sim 75^{\circ}$ 。

1.4 密封瓣膜:吸痰管插管中安装有 4 片密封膜瓣,在吸痰管插管中轴向分布,可以将吸痰管插管封闭,起到单向活瓣的作用^[6]。密封膜瓣为柔软弹性材质,如硅胶、橡胶、树脂等,在受到外力作用后,其自身能弯曲而使吸痰管插管开放;失去外力作用后,密封膜瓣能凭借弹性恢复至初始位置。

1.5 支座(图 1-9):为了防止内部气压过大时(如患者咳嗽、快速呼气),密封膜瓣被气流冲开而导致痰液、传染性体液等随气流从吸痰管插管中喷溅出来,在吸痰管插管的端面设置有分别与密封膜瓣一一对应的支座,支座中设置有一根能够环绕支座中的转轴(图 1-10)转动的支撑杆(图 1-11)。该支撑杆具有第一段(图 1-12)和第二段(图 1-13);其中,第一段抵接在其对应的密封膜瓣表面起到加固作用,第二段则抵接于吸痰管插管端面起到连接作用。

1.6 嵌装槽(图 1-14):为了提升吸痰管插入后的密封性,密封膜瓣上径向开设有嵌装槽。同时,支撑杆的第一端滑动配合嵌装于嵌装槽中。为了避免支撑杆将密封膜瓣与吸痰管间隔开,支撑杆的第一端设置在低于密封膜瓣表面的位置。

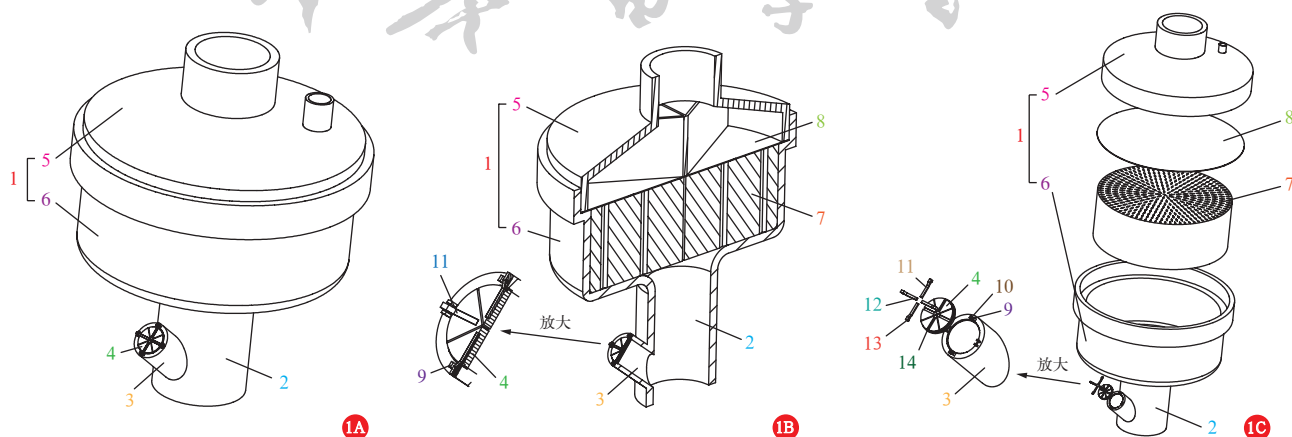
2 新型防喷溅吸痰功能人工鼻的使用说明

使用新型防喷溅吸痰功能人工鼻时,将下方的连接管与患者的气管导管相连,容纳腔上端与呼吸机 Y 型管路相连。机械通气时,吸痰管插管中的密封膜瓣处于关闭状态,使呼吸回路内保持正压。需要吸痰时,将一次性吸痰管的插入端穿过密封膜瓣插入气管导管中。当密封膜瓣受到内部较大气压作用(如患者咳嗽等)而具有向外打开的趋势时,密封膜瓣对支撑杆的第一端施加了一个作用力,使第一端也具有向外翻动的趋势,通过杠杆作用,第二段则具有了一个向与第一段相反方向翻转的趋势。此时,第二段受到来自吸痰管插管的阻挡作用而不能翻转,即支撑杆此时处于一个受力平衡状态而不能转动,密封膜瓣也就不能向外翻开。当需要插入吸痰管时,吸痰管的插入端顶压在密封膜瓣及第一段上,此时第二段不会受到吸痰管插管端面的阻挡,使第一段能自由地向内翻转。密封膜瓣则能通过弹性形变弯曲而使得吸痰管能够方便地插入气管导管中对患者进行吸痰操作。吸痰完成后将一次性吸痰管从吸痰管插管口取出,密封膜瓣因其回弹力立即恢复至关闭状态,保持环路处于正压密闭状态。

3 讨论

在急诊科或 ICU,气管插管、气道护理、呼吸机管路维护等都有可能造成呼吸道飞沫、气溶胶播散,造成交叉感染的风险。有研究表明,使用气管插管鉴定囊可以阻断呼出气体泄漏和飞沫播散^[7],但未在临床上普遍使用。因此,针对有人工气道的机械通气危重患者,防止病毒播散、环境污染及医务人员职业暴露等在感染防控中显得非常重要。

目前,部分危重患者会由于需要等待细菌、病毒检测结果而留在急诊科进行机械通气,考虑到耗材成本及停留短暂等原因,急诊科往往未配备密闭式吸痰装置。所以,开放式吸痰仍是急诊科机械通气患者吸痰护理的常用方式。开放



注: 1 为容纳腔, 2 为连接管, 3 为吸痰管插管, 4 为密封膜瓣, 5 为上壳体, 6 为下壳体, 7 为湿化滤芯, 8 为过滤膜, 9 为支座, 10 为转轴, 11 为支撑杆, 12 为第一段, 13 为第二段, 14 为嵌装槽

图 1 新型防喷溅吸痰功能人工鼻结构示意图(A)、剖视图(B)及爆炸图(C)

式吸痰时需要断开呼吸机管路,避免不了患者的分泌物、呼吸道飞沫、气溶胶喷溅,从而造成医务人员的职业暴露和周围环境的污染,而且可能会对患者造成不利影响,如气道压力降低、肺容积减少、影响氧合等。有研究表明,与开放式吸痰相比,密闭式吸痰能减少 ICU 空气中细菌数量^[8],而且对气道压力、氧合的影响更小^[9];但密闭式吸痰装置内的吸痰管不可拆卸,会反复使用,更容易造成细菌定植^[9],增加感染风险。赵文文等^[10]设计了一种呼吸机管路接头避污及防空气污染装置,能够降低管路接头被污染的风险,同时能够防止管路冷凝水喷溅后污染空气。许嵩翱等^[11]开发了一种新型防喷溅呼吸回路管,前瞻性随机对照研究显示,与开放式吸痰组和防喷溅吸痰组相比,密闭式吸痰组患者气道内细菌定植率及多重耐药菌(multiple drug resistance, MDR)定植率明显增加,而且防喷溅吸痰组 VAP 发生率较开放式吸痰组有降低趋势。本次设计的新型防喷溅吸痰功能人工鼻的防喷溅装置在上述防喷溅装置结构基础上增加了支撑杆、支座和嵌装槽等,更好地提升了吸痰管插入后的密封性。

正常呼吸时,干燥且低于体温的空气通过鼻腔的加温加湿作用,经气道进入肺泡进行气体交换。而气管插管时,干冷的空气跨过了鼻腔及上气道的保护作用,直接经气管导管进入肺部,会造成气道黏膜屏障损害。更重要的是,大量水分和热量会通过呼吸道丢失,造成气道黏膜脱水,破坏纤毛和黏膜腺体,导致黏膜上皮细胞功能障碍^[12]。所以,目前指南推荐有创机械通气患者均需要气道湿化^[13]。湿化的类型分为主动湿化和被动湿化。主动湿化包括传统呼吸机自带的加温加湿装置,通过加热使水分蒸发,维持管路中气体的温度和湿度。人工鼻是被动湿化类型中的一种,它能够将患者呼出气体中至少 70% 的水分和热量保留在装置中,同时为通过的吸入气体加湿加温,起到类似鼻腔湿化的作用。目前相关 Meta 分析结果并不支持主动加温加湿比人工鼻在气道湿化等方面表现更好^[14-15]。主动湿化的程度不好控制,湿化不足容易造成痰液黏稠、阻塞气道、损害纤毛摆动作用^[16];湿化过度会形成冷凝水集聚,容易造成患者刺激性咳嗽,也会加重护理工作量,如吸痰、反复倾倒冷凝水等,甚至可能造成 VAP^[17]。人工鼻可以克服上述缺点,湿化滤芯能避免冷凝水形成,特有的过滤膜能减少呼吸机管路的细菌定植数量^[18],从而降低 VAP 发生率^[17]。但是,人工鼻在湿化方面也存在缺点。有研究者报道,人工鼻在连续使用 24 h 后会增加气道阻力^[19],增加内源性呼气末正压^[20],从而增加呼吸做功^[21]。原因主要是患者的气道分泌物会吸附在湿化滤芯上,痰液黏稠时甚至会造成气道阻塞^[22]。而本专利在传统人工鼻的基础上增加了吸痰功能,从而降低了痰液黏附到湿化滤芯的风险,更好地发挥了人工鼻的湿化作用。

综上所述,新型防喷溅吸痰功能人工鼻不仅能对吸入气体起到湿化加温作用,避免冷凝水形成,还具有防喷溅吸痰功能,防止分泌物喷溅污染医护人员和周围环境,减少护理工作量,有一定临床实用价值,但具体效果仍需研究证实。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Chiumello D, Pelosi P, Park G, et al. *In vitro* and *in vivo* evaluation of a new active heat moisture exchanger [J]. Crit Care, 2004, 8 (5): R281-288. DOI: 10.1186/cc2904.
- [2] Chalou J, Loew DA, Malebranche J. Effects of dry anesthetic gases on tracheobronchial ciliated epithelium [J]. Anesthesiology, 1972, 37 (3): 338-343. DOI: 10.1097/0000542-197209000-00010.
- [3] Hurmi JM, Feihl F, Lazor R, et al. Safety of combined heat and moisture exchanger filters in long-term mechanical ventilation [J]. Chest, 1997, 111 (3): 686-691. DOI: 10.1378/chest.111.3.686.
- [4] Turnbull D, Fisher PC, Mills GH, et al. Performance of breathing filters under wet conditions: a laboratory evaluation [J]. Br J Anaesth, 2005, 94 (5): 675-682. DOI: 10.1093/bja/aei091.
- [5] Plotnikow GA, Accoce M, Navarro E, et al. Humidification and heating of inhaled gas in patients with artificial airway. A narrative review [J]. Rev Bras Ter Intensiva, 2018, 30 (1): 86-97. DOI: 10.5935/0103-507x.20180015.
- [6] 朱湘筠,徐小琴,许俊,等.新型防喷溅呼吸回路管的设计及应用[J].中华危重病急救医学,2015,27(7):619-620. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.07.016.
- [7] 童幼良,孙鸣,王臻,等.气管插管鉴定囊对气管内插管时呼出气体和飞沫的阻断效果[J].中国危重病急救医学,2011,23(11):650-652. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1003-0603.2011.11.003.
- [8] Ng KS, Kumarasinghe G, Inglis TJ. Dissemination of respiratory secretions during tracheal tube suctioning in an intensive care unit [J]. Ann Acad Med Singap, 1999, 28 (2): 178-182.
- [9] Subirana M, Solà I, Benito S. Closed tracheal suction systems versus open tracheal suction systems for mechanically ventilated adult patients [J]. Cochrane Database Syst Rev, 2007, 2007 (4): CD004581. DOI: 10.1002/14651858.CD004581.pub2.
- [10] 赵文文,邓琳琳,姜亚威,等.一种呼吸机管路接头避污及防空气污染装置的设计[J].中华危重病急救医学,2022,34(3):315-316. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20211013-01481.
- [11] 许嵩翱,郁慧杰,孙辉,等.新型防喷溅呼吸回路管对机械通气患者 VAP 及气道多重耐药菌定植的预防作用:一项 318 例患者前瞻性随机对照干预研究[J].中华危重病急救医学,2017,29(1):16-20. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.01.004.
- [12] Williams R, Rankin N, Smith T, et al. Relationship between the humidity and temperature of inspired gas and the function of the airway mucosa [J]. Crit Care Med, 1996, 24 (11): 1920-1929. DOI: 10.1097/00003246-199611000-00025.
- [13] American Association for Respiratory Care. Humidification during invasive and noninvasive mechanical ventilation: 2012 [J]. Respir Care, 2012, 57 (5): 782-788. DOI: 10.4187/respcare.01766.
- [14] Vargas M, Chiumello D, Sutherasan Y, et al. Heat and moisture exchangers (HMEs) and heated humidifiers (HHs) in adult critically ill patients: a systematic review, meta-analysis and meta-regression of randomized controlled trials [J]. Crit Care, 2017, 21 (1): 123. DOI: 10.1186/s13054-017-1710-5.
- [15] Gillies D, Todd DA, Foster JP, et al. Heat and moisture exchangers versus heated humidifiers for mechanically ventilated adults and children [J]. Cochrane Database Syst Rev, 2017, 9 (9): CD004711. DOI: 10.1002/14651858.CD004711.pub3.
- [16] Missel B, Escudier B, Rivara D, et al. Heat and moisture exchanger vs heated humidifier during long-term mechanical ventilation. A prospective randomized study [J]. Chest, 1991, 100 (1): 160-163. DOI: 10.1378/chest.100.1.160.
- [17] 林江,高珊.人工鼻预防重症机械通气患者呼吸机相关性肺炎的效果评价[J].中华现代护理杂志,2014,20(3):287-290. DOI: 10.3760/j.issn.1674-2907.2014.03.016.
- [18] Boots RJ, Howe S, George N, et al. Clinical utility of hygroscopic heat and moisture exchangers in intensive care patients [J]. Crit Care Med, 1997, 25 (10): 1707-1712. DOI: 10.1097/00003246-199710000-00021.
- [19] Boots RJ, George N, Faoagali JL, et al. Double-heater-wire circuits and heat-and-moisture exchangers and the risk of ventilator-associated pneumonia [J]. Crit Care Med, 2006, 34 (3): 687-693. DOI: 10.1097/01.CCM.0000201887.51076.31.
- [20] Le Bourdellès G, Mier L, Fiquet B, et al. Comparison of the effects of heat and moisture exchangers and heated humidifiers on ventilation and gas exchange during weaning trials from mechanical ventilation [J]. Chest, 1996, 110 (5): 1294-1298. DOI: 10.1378/chest.110.5.1294.
- [21] Girault C, Breton L, Richard JC, et al. Mechanical effects of airway humidification devices in difficult to wean patients [J]. Crit Care Med, 2003, 31 (5): 1306-1311. DOI: 10.1097/01.CCM.0000063284.92122.0E.
- [22] Cohen IL, Weinberg PF, Fein IA, et al. Endotracheal tube occlusion associated with the use of heat and moisture exchangers in the intensive care unit [J]. Crit Care Med, 1988, 16 (3): 277-279. DOI: 10.1097/00003246-198803000-00013.

(收稿日期:2022-03-07)