

- lation with high tidal volumes and zero positive end-expiratory pressure is injurious in the isolated rabbit lung model[J]. *Anesth Analg*, 2003, 96(1): 220-228.
- [8] Kuzkov VV, Suborov EV, Kirov MY, et al. Extravascular lung water after pneumonectomy and one-lung ventilation in sheep[J]. *Crit Care Med*, 2007, 35(6): 1550-1559.
- [9] Fernandez-Perez ER, Keegan MT, Brown DR, et al. Intraoperative tidal volume as a risk factor for respiratory failure after pneumonectomy[J]. *Anesthesiology*, 2006, 105(1): 14-18.
- [10] Schilling T, Kozian A, Huth C, et al. The pulmonary immune effects of mechanical ventilation in patients undergoing thoracic surgery[J]. *Anesth Analg*, 2005, 101(4): 957-965.
- [11] Licker M, De Perrot M, Spiliopoulos A, et al. Risk factors for acute lung injury after thoracic surgery for lung cancer[J]. *Anesth Analg*, 2003, 97(6): 1558-1565.
- [12] Michelet P. Protective ventilation during one-lung ventilation[J]. *Anesthesiology*, 2007, 107(1): 176-177.
- [13] Choi G, Wolthuis EK, Bresser P, et al. Mechanical ventilation with lower tidal volumes and positive end-expiratory pressure prevents alveolar coagulation in patients without lung injury[J]. *Anesthesiology*, 2006, 105(4): 689-695.
- [14] Wolthuis EK, Choi G, Dessing MC, et al. Mechanical ventilation with lower tidal volumes and positive end expiratory pressure prevents pulmonary inflammation in patients without preexisting lung injury[J]. *Anesthesiology*, 2008, 108(1): 46-54.
- [15] Michelet P, D'Journo XB, Roch A, et al. Protective ventilation influences systemic inflammation after esophagectomy: a randomized controlled study[J]. *Anesthesiology*, 2006, 105(5): 911-919.
- [16] Sang HK, Ki TJ, Tae HA. Effects of tidal volume and PEEP on arterial blood gases and pulmonary mechanics during one-lung ventilation[J]. *J Anesthesia*, 2012, 26(4): 568-573.
- [17] Ahn HJ, Kim JA, Yang M, et al. Comparison between conventional and protective one-lung ventilation for ventilator-assisted thoracic surgery[J]. *Anaesth Intensive Care*, 2012, 40(5): 780-788.
- [18] Cinnella G, Grasso S, Natale C, et al. Physiological effects of a lung-recruiting strategy applied during one-lung ventilation[J]. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2008, 52(6): 766-775.
- [19] Alonso-Inaigo JM, Beltran R, Garcia-Covisa NL, et al. Effects of alveolar recruitment strategy in gas exchange during one-lung ventilation[J]. *Anesthesiology*, 2007, 107(10): 1827-1830.
- [20] Ko SC, Zhang H, Haitsma JJ, et al. Effects of PEEP levels following repeated recruitment maneuvers on ventilator-induced lung injury[J]. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2008, 52(4): 514-521.
- [21] Rozé H, Lafargue M, Perez P, et al. Reducing tidal volume and increasing positive end-expiratory pressure with constant plateau pressure during one-lung ventilation: effect on oxygenation[J]. *Br J Anaesth*, 2012, 108(6): 1022-1027.
- [22] Hoftman N, Canales C, Leduc M, et al. Positive end expiratory pressure during one-lung ventilation: Selecting ideal patients and ventilator settings with the aim of improving arterial oxygenation[J]. *Ann Card Anaesth*, 2011, 14(3): 183-187.
- [23] Michelet P, Roch A, Brousse D, et al. Effects of PEEP on oxygenation and respiratory mechanics during one-lung ventilation[J]. *Br J Anaesth*, 2005, 95(2): 267-273.
- [24] Maisch S, Reissmann H, Fuellekrug B, et al. Compliance and dead space fraction indicate an optimal level of positive end-expiratory pressure after recruitment in anesthetized patients[J]. *Anesth Analg*, 2008, 106(1): 175-181.
- [25] Lachmann RA, van Kaam AH, Haitsma JJ, et al. High positive end-expiratory pressure levels promote bacterial translocation in experimental pneumonia[J]. *Intensive Care Med*, 2007, 33(10): 1800-1804.

(收稿日期: 2012-11-01 修回日期: 2012-12-02)

• 综 述 •

## 呼吸机管路细菌感染与呼吸机相关性肺炎的研究进展

张馨心, 杨 瑞 综述, 左泽兰<sup>△</sup> 审校

(重庆医科大学附属儿童医院 PICU 400014)

关键词: 细菌; 呼吸机管路; 呼吸机相关性肺炎

doi: 10.3969/j.issn.1671-8348.2013.05.038

文献标识码: A

文章编号: 1671-8348(2013)05-0575-03

呼吸机相关性肺炎 (ventilator-associated pneumonia, VAP) 是患者接受机械通气 (mechanical ventilation, MV) 48 h 后所并发的肺实质感染<sup>[1]</sup>, 是 ICU 最常见的院内感染之一, 花费高但预后较差<sup>[2]</sup>。常造成撤机困难, 患者住院时间延长, 且

感染菌多为多重耐药菌<sup>[3]</sup>, 感染很难控制, 严重者可导致患者死亡。国内外文献报道 VAP 发生率为 9%~40%, 病死率为 15%~45%<sup>[4]</sup>。接受 MV 患者一旦并发 VAP, MV 时间、ICU 入住时间、总住院时间和医疗费用均显著延长。VAP 发病机

制主要包括以下几个方面:(1)细菌生物膜的产生<sup>[5]</sup>;(2)口咽部定植菌的误吸<sup>[6]</sup>;(3)呼吸道机制的受损<sup>[7]</sup>;(4)胃-肺的逆行性感染;(5)呼吸机装置的细菌感染<sup>[8-9]</sup>。近年研究发现,呼吸机管道是呼吸机装置中细菌感染的重要场所<sup>[10]</sup>,而呼吸机装置的细菌感染是形成 VAP 的主要机制之一。本文旨在提供有关呼吸机管路的研究动态,以期为更多专业人员提供依据和思考,以更好的减少和预防 VAP 的发生。

## 1 呼吸机管路的结构及其常规清洗消毒

现有的呼吸机的管路的结构主要为以下 3 种<sup>[11]</sup>。(1)全部管路可拆卸式:主机内部管路、患者吸气和呼气的管路均可拆卸、清洁、消毒;(2)部分管路可拆卸式:呼吸机主机内部管路不能拆卸,只有患者吸气和呼气的管路可以拆卸、清洗、消毒;(3)呼出气体循环回路,只用于麻醉用呼吸机。

《消毒技术规范》规定,呼吸机管路仪和破损皮肤、黏膜相接触,而不进入无菌的组织内,属于中度危险性物品。因此,凡使用过的呼吸机管路,无论其使用时间长短均应进行严格清洗消毒。呼吸机的外部气路包括呼吸机管路、过滤器和传感器等。其常规清洗消毒如下。

**1.1 呼吸机管路** 有条件的医院应尽量采用一次性呼吸机管路。如为可重复使用管道,应对其进行严格消毒。消毒的管路部件包括 Y 型接头、螺纹管、接头、加湿化器的储水罐和集水瓶等。去污是消毒灭菌前的必需工作,是保证消毒或灭菌成功的关键。先将外置回路的部件彻底拆卸,浸泡,清洗干净,管路中如果发现有痰痂、血渍、分泌物等,须用专业刷清洗干净。消毒方法多为有效消毒剂浸泡法,目前常用的消毒剂包括:有效氯溶剂(如“84”消毒液)、芳香族有机溶剂(如戊二醛溶液)、过氧化剂(如过氧化乙酸)等。采用一定浓度的有效消毒溶液,呼吸机的可拆卸的防水部件充分浸泡其中一定时间以达到灭菌的目的<sup>[12]</sup>。但是消毒液具有不同程度的腐蚀性,容易造成部件老化,缩短使用寿命。清洗消毒机是近年来发展的一种新的消毒方法,便捷安全,无消毒剂残留,便于统一管理。根据监测结果<sup>[13]</sup>,认为清洗消毒机清洗效果省时省力,安全可靠。

**1.1.1 螺纹管和集水瓶** 螺纹管是由 3 长 2 短 5 根管道组成,是连接呼吸机与患者的管道。集水瓶是用来收集管路内加湿化气体冷却后的凝结水,是细菌的聚集地之一,因此集水瓶内积水要及时倾倒。螺纹管和集水瓶属于一次性使用部件,应按期更换。国内外资料表明现在的更换时间尚在研究之中,初步确定在 2~7 d<sup>[14]</sup>。

**1.1.2 Y 型三通和接头** 接头直接与气管插管相连。因此,Y 型三通和接头是最容易被污染的。通常使用有效消毒剂浸泡法。

**1.1.3 加湿化器的储水罐** 湿化器加湿化气体,1 d 一换水。向储水罐中注入湿化液时,应严格执行无菌操作,及时加水。通常使用有效消毒剂浸泡法。

**1.2 空气过滤器** 空气过滤器一般为一次性使用部件,应按期更换。如为重复使用的过滤器,使用有效消毒剂浸泡法。

**1.3 传感器** 传感器为呼吸机的敏感电子零件,不能用水冲洗也不能用消毒液浸泡。如有必要可使用气体消毒方法消毒,或按各呼吸机厂家的要求进行处理<sup>[15]</sup>。

## 2 呼吸机管路的细菌分布特点以及与 VAP 的关系

VAP 作为医院获得性肺炎中最常见和最重要的类型,面临的诊断困难超过其他任何一种医院感染,迄今为止尚无 VAP 诊断的“金标准”。通常参考 1999 年中华医学会呼吸病

学会制定的医院获得性肺炎诊断和治疗指南(草案):使用 MV 48 h 后或撤机拔管 48 h 内出现的肺炎;与 MV 前相比,X 线胸片可见新的或进行性增大的肺部浸润性阴影、肺部实变体征和(或)可闻及湿性啰音。MV 期间出现下列条件之一:(1)发热,体温大于 37.5 ℃;(2)气管内吸出脓性分泌物,白细胞计数大于  $10 \times 10^9/L$  或小于  $4 \times 10^9/L$ ,伴或不伴核左移;(3)在支气管分泌物中检出病原菌或在原有感染基础上检出新的病原菌和(或)血培养阳性。

呼吸机的湿化装置和螺纹管与患者的口鼻相连形成密闭式循环,呼气中含有患者体内的细菌和分泌物,很容易污染呼吸机管路。而呼吸机管路内加热加湿的空气形成了一个温暖、潮湿、密闭的小空间,在管外冷空气的作用下易形成冷凝水,成为细菌繁殖的良好温床。由于气道管路及插管壁内细菌不能被机体防御系统清除,也不能被抗菌药物杀灭<sup>[16]</sup>,当管道移动,如:吸痰、翻身、调节呼吸机设置、喂食或护理患者时,污染的冷凝水可反流至患者的气管、支气管中,增加患者患肺炎的危险。呼吸环路内的细菌还可随喷射吸入气体形成的气溶胶进入呼吸道,造成肺部感染反复发作,迁延不愈。

有研究调查表明, $G^-$  杆菌是下呼吸道的主要感染细菌<sup>[17-18]</sup>。感染的  $G^-$  杆菌主要是铜绿假单胞菌、肺炎克雷伯菌、大肠埃希菌、嗜麦芽假单胞菌、鲍曼不动杆菌、阴沟肠杆菌。感染的  $G^+$  球菌中则以金黄色葡萄球菌为主要菌群,其次为表皮葡萄球菌、溶血葡萄球菌、肺炎链球菌。而真菌中是以假丝酵母菌属为主。目前出现的两种或以上菌株混合感染情况,多数是  $G^-$  杆菌合并真菌,其次为  $G^-$  杆菌合并  $G^+$  球菌和  $G^-$  杆菌的混合感染。混合感染菌株中主要是铜绿假单胞菌、肺炎克雷伯菌、金黄色葡萄球菌和白色假丝酵母菌。

而有研究者在对 MV 患者呼吸机管路的病原学分析中发现呼吸机管路感染病原菌也是以  $G^-$  菌为主。感染菌属依次是铜绿假单胞菌、嗜麦芽寡养单胞菌、不动杆菌属、变形菌属、金黄色葡萄球菌。实验证明,下呼吸道与 Y 型管菌株的 78.4% 相一致,下呼吸道与集水瓶菌株的 73.3% 相一致<sup>[19]</sup>。凡是下呼吸道培养阳性,呼吸机管路某处也有细菌阳性,提示呼吸机管路与下呼吸道形成循环途径引起相互感染。

另有研究表明,呼吸机管路污染率与时间同步增长,MV 患者的呼吸机管路污染的细菌与下呼吸道感染具有显著一致性<sup>[20]</sup>。呼吸机管路细菌污染与患者下呼吸道感染互为因果,互相影响,造成恶性循环。因此 MV 时间愈长,VAP 的发生率愈高。呼吸机管路的更换时间,国内外均无统一标准。美国呼吸治疗学会(AARC)对此也尚存争议<sup>[21]</sup>。Han 等<sup>[22]</sup>学者的 Meta 分析表明,出于预防感染的目的,除非呼吸机管路受损或是污染了,一般不采取更换措施。现在有条件的医院应尽量采用一次性呼吸机管路。使用后的管路若需重复使用,应对其进行严格消毒。

目前在 MV 过程中同步干预呼吸机管路细菌生长、干预 VAP 的方法尚未见报道。综上所述,急需从干预使用中呼吸机管路的细菌生长的角度研究探索的护理措施,用科学依据指导临床护理工作,有效干预管路生物膜形成,预防 VAP 的发生,延长呼吸机管路更换时间,节约医疗资源,有效改善长期 MV 患者的临床预后,促进危重症医学的发展。

## 3 减少呼吸机管路细菌防治 VAP

**3.1 合理界定呼吸机管路更换时间** 1994 年美国疾病控制中心(CDC)规定呼吸机管路更换频率不应少于 48 h,但在这项修改意见中并没有明确呼吸机管路更换的最长时期。近年文

献报道分析提出频繁更换呼吸机管路不但不能减少污染,还会增加 VAP 的发生<sup>[23]</sup>。目前认为,2~7 d 更换一次为宜。

**3.2 严格规范消毒后的保存** 《北京市呼吸机清洗、消毒指南》提出呼吸机外置回路消毒完成后晾干或烘干装入清洁袋内干燥保存备用,保存时间为 1 周。对呼吸机管路的消毒效果定期进行细菌学监测。

**3.3 切断外源性污染** 监护室内保持空气洁净,限制人员流动,非工作人员进入时应更换鞋帽及穿隔离衣;医务人员正确、及时的洗手,避免交叉感染;规范的吸痰操作,做到动作轻柔,按需吸痰,避免过多的吸痰刺激呼吸道黏膜,使分泌物增多,增加细菌侵入下呼吸道的机会;呼吸机的集水瓶应放在呼吸机环路的最低位置,及时处理集水瓶内的冷凝水,避免倒流入肺。整个呼吸机回路需保持通畅、密闭性;用于湿化气道的液体,必须保持无菌,更换 1 次/24 小时。

**3.4 切断内源性污染** 首先应合理使用抗菌药物,控制感染。王祎等<sup>[24]</sup>发现 MV 患儿容易发生胃-肺逆行性感染,从而引发 VAP。因此,可采取半卧位,减少胃-食管反流,减少误吸。另外,马荣华等<sup>[25]</sup>试验研究证明,纳米银涂膜法可以有效干预气管导管的细菌生长及其生物膜的形成。

**3.5 口腔护理** 口咽部细菌的误吸,是引发 VAP 的重要因素之一。刘卫娟等<sup>[26]</sup>通过 Meta 分析发现,冲洗口腔护理法优于传统口腔护理法。对 MV 患者,给予每天 2~3 次口腔护理以减少细菌数,可用洗必泰作为护理液,也可采取活性银喷口腔,防止口腔定植菌的误吸以及与呼吸机的螺纹管互相感染。

#### 4 小 结

VAP 发生的危险因素多,发病机制复杂,现有的护理措施在一定程度上地影响了 VAP 的发生。根据近年国内外研究发现,呼吸机管路装置的细菌感染是形成 VAP 的主要机制之一,目前的预防方法多为按时更换呼吸机管路和对使用后的管路进行严格消毒,但是如何在使用中对呼吸机管路的细菌形成进行干预,尚未有研究。要努力从使用中呼吸机管路细菌方面做好防治措施,缩短 MV 时间,以更好的减少和预防 VAP 的发生。

#### 参考文献:

- [1] Morehead RS, Pinto SJ. Ventilator-associated pneumonia [J]. Arch Intern Med, 2000, 160(13): 1926-1936.
- [2] Shorr AF, Kollef MH. Ventilator-associated pneumonia: insights from recent clinical trials [J]. Chest, 2005, 128(5 Suppl 2): S583-S591.
- [3] David R, Park MD. The microbiology of ventilator-associated pneumonia [J]. Respir Care, 2005, 50(6): 742-763.
- [4] Safdar N, Crnich CJ, Maki DG. The pathogenesis of ventilator-associated pneumonia; its relevance to developing effective strategies for prevention [J]. Respir Care, 2005, 50(6): 725-739.
- [5] Chicurel M. Bacterial biofilms and infections slime busters [J]. Nature, 2001, 408(6810): 284-286.
- [6] 杨秀芬, 阎锡新. 气囊上滞留物与呼吸机相关性肺炎的相关性研究 [J]. 中国呼吸与危重监护杂志, 2005, 4(4): 271-274.
- [7] 甘枚, 黄捷敏. 呼吸机相关肺炎危险因素探讨 [J]. 中国呼吸与危重监护杂志, 2006, 5(3): 175-177.
- [8] 徐爱华. 呼吸机相关性肺炎的原因分析及护理进展 [J]. 当代护士, 2009, 5(1): 8-10.
- [9] 李青, 刘新岗. 呼吸机相关性肺炎危险因素分析 [J]. 护理研究, 2008, 22(10): 2785-2786.
- [10] 王晓萍, 田丽, 刘鸿梅, 等. 呼吸机管路及湿化装置更换周期的研究 [J]. 天津护理, 2010, 18(4): 188-190.
- [11] 刘峰, 张凤东. 呼吸机的使用维护与消毒 [J]. 医疗装备, 2006, 21(2): 50-51.
- [12] 刘坤, 韩燕茹, 武迎宏, 等. 北京地区 17 所奥运定点医院呼吸机清洗消毒现状及对策 [J]. 中华医院感染学杂志, 2008, 18(7): 977-979.
- [13] 陈杰, 王宜, 赵九芝. 全自动清洗消毒机对呼吸机管路清洗效果评价 [J]. 中华医院感染学杂志, 2009, 19(9): 1100-1101.
- [14] Muscedere J, Dodek P, Keenan S, et al. Comprehensive evidence-based clinical practice guidelines for ventilator-associated pneumonia: prevention [J]. J Crit Care, 2008, 23(1): 126-137.
- [15] 高岩, 李宁, 赵庆华, 等. 重症监护室发生呼吸机相关性肺炎的因素与对策 [J]. 中华医院感染学杂志, 2005, 15(10): 1198-1200.
- [16] 马芳, 朱丹. 呼吸机相关性肺炎的发病机制及护理进展 [J]. 护理学杂志, 2004, 19(1): 75-76.
- [17] 吕晓玲, 章艳, 罗群, 等. 重症监护病房呼吸机相关性肺炎病原学分析及管理对策 [J]. 中华医院感染学杂志, 2009, 19(13): 1647-1648.
- [18] 解郑良, 郭路, 刘跃建. 呼吸机相关性肺炎临床分析与病原菌特点 [J]. 四川医学, 2010, 5(31): 567-569.
- [19] 李淑霞. 机械通气患者呼吸机管路的病原学分析及护理干预 [J]. 中华医院感染学杂志, 2006, 16(10): 1110-1112.
- [20] 王海宾, 阎锡新, 薛士敏. 机械通气患者下呼吸道感染与气路管道的细菌污染关系的研究 [J]. 临床荟萃, 2005, 20(4): 196-199.
- [21] Hess DR, Kallstrom TJ, Mottram CD, et al. American association for respiratory care: care of the ventilator circuit and its relation to ventilator associated pneumonia [J]. Respir Care, 2003, 48(9): 869-879.
- [22] Han J, Liu Y. Effect of ventilator circuit changes on ventilator-associated pneumonia: a systematic review and meta-analysis [J]. Respir Care, 2010, 55(4): 467-474.
- [23] 张萍, 陈皎. 呼吸机管道更换时间与呼吸机相关性肺炎发生的相关性探讨 [J]. 护士进修杂志, 2010, 25(12): 1902-1903.
- [24] 王祎, 左泽兰. 呼吸机相关性肺炎胃肺逆行感染途径的研究现状 [J]. 护士进修杂志, 2007, 22(3): 209-211.
- [25] 马荣华, 左泽兰, 刘卫娟. 纳米银水凝胶涂膜干预气管导管表面铜绿假单胞菌黏附及生物膜形成的实验研究 [J]. 中国微生物学杂志, 2009, 21(3): 217-219.
- [26] 刘卫娟, 左泽兰, 马荣华. 经气管插管患者口腔护理方法的 Meta 分析 [J]. 中国全科医学, 2009, 12(17): 1576-1579.