

# 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

许嵩翱 郁慧杰 孙辉 朱湘筠 徐小琴 许俊 曹伟中

314000 浙江嘉兴,浙江省嘉兴市第一医院 EICU

通讯作者:郁慧杰, Email: yhj88@sina.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.01.004

**【摘要】** **目的** 观察新型防喷溅呼吸回路管对机械通气(MV)患者呼吸机相关性肺炎(VAP)及气道内多重耐药菌(MDR)定植是否具有预防作用。**方法** 采用前瞻性单盲随机平行对照干预性研究方法,选择 2014 年 1 月至 2016 年 5 月嘉兴市第一医院重症加强治疗病房(ICU)收治的接受 MV 治疗的 330 例危重症患者,按随机数字表法平均分为开放式吸痰组、封闭式吸痰组和防喷溅吸痰组。3 组患者分别使用普通呼吸回路管、封闭式吸痰装置和新型防喷溅呼吸回路管进行 MV 及吸痰。记录 3 组患者 VAP 发生率,气道细菌、MDR 和真菌的定植率,以及 MV 时间、ICU 住院时间、总住院时间、人均住院费用和院内预后。**结果** 在剔除不符合纳入标准、资料不全、中途退出等病例后,最终 318 例纳入分析。与开放式吸痰组比较,封闭式吸痰组和防喷溅吸痰组总 VAP 发生率有降低趋势[20.95%(22/105)、21.90%(23/105)比 29.63%(32/108)],但差异无统计学意义(均  $P > 0.05$ );每 1000 个 MV 日 VAP 发生例数也表现出相同的变化趋势(例:14.56、17.35 比 23.07)。开放式吸痰组和防喷溅吸痰组气道细菌定植率和 MDR 定植率均明显低于封闭式吸痰组[32.41%(35/108)、28.57%(30/105)比 46.67%(49/105),20.37%(22/108)、15.24%(16/105)比 39.05%(41/105)],差异有统计学意义(均  $P < 0.05$ );开放式、封闭式、防喷溅吸痰组真菌定植率分别为 4.63%、3.81%、6.67%,但差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。与封闭式吸痰组比较,开放式吸痰组和防喷溅吸痰组 MV 时间、ICU 住院时间和总住院时间均有缩短趋势[MV 时间(d):8.00(4.00, 13.75)、8.00(5.00, 13.00)比 9.00(5.00, 16.00),ICU 住院时间(d):10.00(6.00, 16.00)、11.00(7.00, 19.00)比 13.00(7.50, 22.00),总住院时间(d):16.50(9.25, 32.00)、19.00(10.50, 32.50)比 21.00(10.00, 36.00)],人均住院费用有降低趋势[万元:4.95(3.13, 8.62)、5.47(3.84, 9.41)比 6.52(3.99, 11.02)],但差异无统计学意义(均  $P > 0.05$ );3 组患者院内预后比较差异也无统计学意义。**结论** 新型防喷溅呼吸回路管具有封闭式吸痰装置的优点,且克服了封闭式吸痰装置带来的 MDR 定植增多、价格昂贵的缺点,对 VAP 的预防具有积极作用。**临床试验注册** 中国临床试验注册中心, ChiCTR-IOR-16009694。

**【关键词】** 机械通气; 呼吸机相关性肺炎; 呼吸回路管; 细菌定植

**基金项目:** 国家实用新型专利(ZL 2013 2 0211436.6);浙江省医药卫生科技计划项目(2014KYB270);浙江省嘉兴市医学重点学科项目(04-F-06)

**Efficiency of novel splash-proof ventilator circuit component on VAP and the colonization of multiple-drug resistant bacteria prevention in patients undergoing mechanical ventilation: a prospective randomized controlled intervention study with 318 patients** Xu Songao, Yu Huijie, Sun Hui, Zhu Xiangyun, Xu Xiaoqin, Xu Jun, Cao Weizhong

Department of Emergency Intensive Care Unit, the First Hospital of Jiaxing, Jiaxing 314000, Zhejiang, China

Corresponding author: Yu Huijie, Email: yhj88@sina.com

**【Abstract】 Objective** To investigate the efficiency of closed tracheal suction system (CTSS) using novel splash-proof ventilator circuit component on ventilator-associated pneumonia (VAP) and the colonization of multiple-drug resistant bacteria (MDR) in patients undergoing mechanical ventilation (MV) prevention. **Methods** A prospective single-blinded randomized parallel controlled intervention study was conducted. 330 severe patients admitted to the intensive care unit (ICU) of the First Hospital of Jiaxing from January 2014 to May 2016 were enrolled, and they were divided into open tracheal suction group, closed tracheal suction group, and splash-proof suction group on average by random number table. The patients in the three groups used conventional ventilator circuit component, conventional CTSS, and CTSS with a novel splash-proof ventilator circuit component for MV and sputum suction, respectively. The incidence of VAP, airway bacterial colonization rate, MDR and fungi colonization rate, duration of MV, length of ICU and hospitalization stay, and financial expenditure during hospitalization, as well as the in-hospital prognosis were recorded. **Results** After excluding patients who did not meet the inclusion criteria, incomplete data, backed out and so on, 318 patients were enrolled in the analysis finally. Compared with the open tracheal suction group, the total incidence of VAP was decreased in the closed tracheal suction group and splash-proof suction group [20.95% (22/105),

21.90% (23/105) vs. 29.63% (32/108)], but no statistical difference was found (both  $P > 0.05$ ), and the incidence of VAP infections/1 000 MV days showed the same change tendency (cases: 14.56, 17.35 vs. 23.07). The rate of airway bacterial colonization and the rate of MDR colonization in the open tracheal suction group and splash-proof suction group were remarkably lower than those of closed tracheal suction group [32.41% (35/108), 28.57% (30/105) vs. 46.67% (49/105), 20.37% (22/108), 15.24% (16/105) vs. 39.05% (41/105)] with significantly statistical differences (all  $P < 0.05$ ). Besides, no significantly statistical difference was found in the fungi colonization rate among open tracheal group, closed tracheal group, and splash-proof suction group (4.63%, 3.81% and 6.67%, respectively,  $P > 0.05$ ). Compared with the closed tracheal suction group, the duration of MV, the length of ICU and hospitalization stay were shortened in the open tracheal suction group and splash-proof suction group [duration of MV (days): 8.00 (4.00, 13.75), 8.00 (5.00, 13.00) vs. 9.00 (5.00, 16.00); the length of ICU stay (days): 10.00 (6.00, 16.00), 11.00 (7.00, 19.00) vs. 13.00 (7.50, 22.00); the length of hospitalization stay (days): 16.50 (9.25, 32.00), 19.00 (10.50, 32.50) vs. 21.00 (10.00, 36.00)], and financial expenditure during hospitalization was lowered [10 thousand Yuan: 4.95 (3.13, 8.62), 5.47 (3.84, 9.41) vs. 6.52 (3.99, 11.02)] without significantly statistical differences (all  $P > 0.05$ ). Moreover, no significantly statistical difference was found in the in-hospital prognosis among the three groups. **Conclusions** CTSS performed using novel splash-proof ventilator circuit component shared similar advantages in preventing VAP with the conventional CTSS. Meanwhile, it is superior because it prevented the colonization of MDR and high price in the conventional CTSS. **Clinical Trial Registration** Chinese Clinical Trial Registry, ChiCTR-IOR-16009694.

**[Key words]** Mechanical ventilation; Ventilator-associated pneumonia; Ventilator circuit component; Bacterial colonization

**Fund program:** National Patent of Utility Model (ZL 2013 2 0211436.6); Zhejiang Provincial Medical and Health Science and Technology Planning Project (2014KYB270); Emergency Medical Key Subject Foundation Project in Zhejiang Province of China (04-F-06)

呼吸机相关性肺炎(VAP)指气管插管或气管切开患者在接受机械通气(MV)48 h后或撤机、拔管后48 h内发生的肺炎,是重症加强治疗病房(ICU)MV患者最常见的感染性疾病之一,也是院内感染的最主要类型;VAP可使MV患者ICU住院时间和总住院时间延长,抗菌药物应用增加,并导致重症患者病死率增加,严重影响患者预后<sup>[1-3]</sup>。MV患者需要定期吸痰以清除气道内的分泌物,吸痰方式依据是否断开呼吸回路管与气管导管的连接分为开放式和封闭式两种。其中开放式吸痰较为常用,但操作过程中会出现含致病微生物的冷凝水及痰液喷溅,污染操作者及病房环境,造成感染性疾病的传播;而封闭式吸痰装置有减少VAP发生的趋势<sup>[4]</sup>,但由于封闭式吸痰装置的吸痰部位为重复使用,会明显增加鲍曼不动杆菌及铜绿假单胞菌等气道病原菌的定植<sup>[5]</sup>。为此我们设计并研制出一种新型防喷溅呼吸回路管<sup>[6]</sup>,既能进行封闭式吸痰以防止痰液喷溅,其吸痰部位又不用重复使用,已获得国家实用新型专利(专利号:ZL 2013 2 0211436.6)。我们在临床上对其使用效果进行了观察,报告如下。

## 1 资料与方法

**1.1 研究设计类型及伦理学:**本研究为前瞻性单盲随机平行对照干预性研究,经医院医学伦理委员会批准(审批号:2013-086),并于中国临床试验注册中心进行了临床试验注册(ChiCTR-IOR-16009694)。病例入选前经患者或家属同意,并签署知情同意书,

在研究过程中可随时退出。

**1.2 病例选择:**选择2014年1月至2016年5月本院ICU收治的接受MV治疗的急危重症患者330例,采用随机数字表法将入选患者分为开放式吸痰组、封闭式吸痰组和防喷溅吸痰组,每组110例。

**1.2.1 纳入标准:**①年龄 $\geq 18$ 岁,性别不限;②气管插管、气管切开行有创MV;③预计MV 48 h以上,ICU住院时间超过5 d。

**1.2.2 排除标准:**①有气胸、咯血等MV禁忌证;②有结核等特殊感染患者。

**1.2.3 剔除标准:**①因经济原因拒绝相关检查或由于其他因素导致资料不全;②观察过程中因病情突变、患者或家属要求转院、中途退出等导致观察时间 $< 4$  d。

**1.3 治疗方法:**开放式吸痰组使用普通呼吸回路管,吸痰管使用一次性无菌吸痰管(苏州日月星塑胶有限公司生产,注册证编号20132660453)。封闭式吸痰组使用封闭式吸痰管(南京逢源医疗用品有限公司生产,注册证编号20132660267);防喷溅吸痰组使用我们自行设计的防喷溅呼吸回路管<sup>[6]</sup>(由苏州天平华昌医疗器械有限公司及杭州京冷医疗器械有限公司生产,注册证编号20142660606),吸痰管同开放式吸痰组。两组呼吸机管路每周更换1次,如有明显污染随时更换;封闭式吸痰管每5 d更换1次。

**1.4 VAP诊断标准及病原菌定植的判断:**同时满足

下述至少2项可考虑诊断VAP: ① 体温>38℃或<36℃; ② 外周血白细胞计数(WBC)>10×10<sup>9</sup>/L或<4×10<sup>9</sup>/L; ③ 气管支气管内出现脓性分泌物,并除外肺水肿、急性呼吸窘迫综合征(ARDS)、肺结核、肺栓塞等疾病。无肺部感染依据,但从气管导管内吸引出的分泌物多次培养为同一病原菌且菌落数<1×10<sup>5</sup> cfu/mL时判定为定植菌。

**1.5 观察指标:**记录3组患者的性别、年龄、急性生理学与慢性健康状况评分系统II(APACHE II)评分、VAP发生率(包括总VAP发生率和每1000个MV日VAP发生例数),气道细菌、多重耐药菌(MDR)及真菌的定植率,以及MV时间、ICU住院时间、总住院时间、人均住院费用和院内预后等。

**1.6 统计学处理:**应用SPSS 13.0统计软件进行分析,采用Kolmogorov-Smirnov法对计量资料进行正态性检验,正态分布的计量资料以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,组间比较采用单因素方差分析,方差齐时两两比较采用LSD法检验,方差不齐时采用Tamhane T2法检验;非正态分布计量资料以中位数(四分位数)[ $M(Q_L, Q_U)$ ]表示,多组间比较采用非参数Kruskal-Wallis H检验,两两比较采用Nemenyi法;计数资料以率表示,组间比较采用 $\chi^2$ 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

**2 结果**

**2.1 3组患者一般资料的比较(表1):**在入选的330例患者中,有1例肺结核患者被排除;3例资料不全、2例病情意外变化退出、5例自动出院或转院、1例家属中途要求退出试验,均剔除。最终318例

患者纳入分析,其中男性214例,女性104例;年龄18~93岁,平均(66.68±16.31)岁;开放式吸痰组108例,封闭式吸痰组105例,防喷溅吸痰组105例,3组患者性别构成、年龄、病情严重程度比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$ ),说明3组一般资料均衡,具有可比性。

表1 3组危重症机械通气患者一般资料的比较

组别	例数(例)	性别(例)		年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	APACHE II(分, $\bar{x} \pm s$ )
		男性	女性		
开放式吸痰组	108	68	40	63.54±16.72	16.20±4.82
封闭式吸痰组	105	78	27	64.10±17.39	15.59±5.14
防喷溅吸痰组	105	68	37	63.42±14.84	15.44±4.63
$\chi^2/F$ 值		3.880		0.051	0.739
$P$ 值		0.144		0.950	0.478

注: APACHE II为急性生理学与慢性健康状况评分系统II

**2.2 3组患者VAP发生率及气道病原菌定植率的比较(表2):**与开放式吸痰组比较,封闭式吸痰组和防喷溅吸痰组总VAP发生率有降低趋势,但差异无统计学意义(均 $P > 0.05$ );每1000个MV日VAP发生例数在各组间也表现出相同的变化趋势。开放式吸痰组和防喷溅吸痰组气道细菌和MDR定植率均明显低于封闭式吸痰组,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$ );但3组真菌定植率比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。提示新型防喷溅呼吸回路管具有与封闭式吸痰装置相同的预防VAP的作用,同时能克服病原菌特别是MDR定植增多的问题。

**2.3 3组患者住院指标比较(表3):**开放式吸痰组和防喷溅吸痰组MV时间、ICU住院时间及总住院时间较封闭式吸痰组有缩短趋势,人均住院费用有

表2 3组危重症机械通气患者VAP发生率及气道病原菌定植率的比较

组别	例数(例)	总VAP发生率[% (例)]	每1000个机械通气日VAP发生例数(例)	气道细菌定植率[% (例)]	MDR定植率[% (例)]	真菌定植率[% (例)]
开放式吸痰组	108	29.63 (32)	23.07	32.41 (35) <sup>a</sup>	20.37 (22) <sup>a</sup>	4.63 (5)
封闭式吸痰组	105	20.95 (22)	14.56	46.67 (49)	39.05 (41)	3.81 (4)
防喷溅吸痰组	105	21.90 (23)	17.35	28.57 (30) <sup>b</sup>	15.24 (16) <sup>b</sup>	6.67 (7)
$\chi^2$ 值		2.640		8.317	17.692	0.925
$P$ 值		0.267		0.016	0.000	0.621

注: VAP为呼吸机相关性肺炎,MDR为多重耐药菌;与封闭式吸痰组比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ,<sup>b</sup> $P < 0.01$ ;空白代表无此项

表3 3组危重症机械通气患者住院指标的比较

组别	例数(例)	机械通气时间[d, $M(Q_L, Q_U)$ ]	ICU住院时间[d, $M(Q_L, Q_U)$ ]	总住院时间[d, $M(Q_L, Q_U)$ ]	人均住院费用[万元, $M(Q_L, Q_U)$ ]	院内预后[% (例)]	
						好转	未愈
开放式吸痰组	108	8.00(4.00, 13.75)	10.00(6.00, 16.00)	16.50( 9.25, 32.00)	4.95(3.13, 8.62)	62.04(67)	37.96(41)
封闭式吸痰组	105	9.00(5.00, 16.00)	13.00(7.50, 22.00)	21.00(10.00, 36.00)	6.52(3.99, 11.02)	60.95(64)	39.05(41)
防喷溅吸痰组	105	8.00(5.00, 13.00)	11.00(7.00, 19.00)	19.00(10.50, 32.50)	5.47(3.84, 9.41)	72.38(76)	27.62(29)
$\chi^2$ 值		4.024	5.406	1.645	4.697	3.691	
$P$ 值		0.134	0.067	0.439	0.095	0.158	

注: ICU为重症加强治疗病房

降低趋势,但差异无统计学意义(均 $P>0.05$ );3组患者院内预后比较差异也无统计学意义( $P>0.05$ )。提示新型防喷溅呼吸回路管有一定的改善MV患者临床指标的作用。

### 3 讨论

近年来,对VAP的治疗取得了一些进展,除了设备改良方法外,中医中药在降低炎症因子、减轻炎症反应和改善临床症状等方面起到一定的辅助作用,也表现出了明显的优势<sup>[7-8]</sup>。但国内一项手卫生对VAP发生率影响的荟萃分析却显示,近年VAP的病死率并无明显下降,因此VAP的预防比VAP治疗更为重要<sup>[9]</sup>。

针对MV危重患者吸痰方式的选择一直存在争议,且目前尚无统一的推荐意见。开放式吸痰仍较为常用,特别是在基层医院ICU。开放式吸痰时需要断开呼吸回路管与患者气管导管的连接,患者的痰液及呼吸回路管内含大量病原菌的冷凝水及痰液会喷溅出来,对操作者、周边环境以及设备造成污染;同时,断开呼吸回路容易引起气道压力骤降以及肺容积减少,导致血氧饱和度降低,其缺陷较为明显<sup>[10]</sup>。封闭式吸痰装置克服了上述缺点,但其能否使患者获益一直存在争议。有研究发现,在ICU使用封闭式吸痰装置后,空气样本中细菌菌落数量低于开放性吸痰系统,对ICU环境的污染减少<sup>[11]</sup>。Hamishekar等<sup>[12]</sup>研究发现,开放式吸痰的VAP发生率高于封闭式吸痰(20%比12%);进一步分析发现,开放式吸痰是VAP发生的暴露因素之一〔优势比( $OR$ )=1.92, 95%可信区间(95% $CI$ )=0.45~8.30,  $P=0.38$ 〕。Kuriyama等<sup>[4]</sup>通过对16项研究、1929例患者进行荟萃分析发现,封闭式吸痰有减少VAP发生的趋势〔相对危险度( $RR$ )=0.69, 95% $CI=0.54\sim 0.87$ ,  $Q=26.14$ ,  $I^2=46.4\%$ 〕,但对病死率及MV时间等无明显影响。也有研究发现,开放式吸痰与封闭式吸痰在VAP发生率、MV时间、病死率和病原菌方面差异并无统计学意义<sup>[13-14]</sup>。因此,对封闭式吸痰的态度在不同的国家存在较大的差别,如美国呼吸治疗学会(AARC)、加拿大危重症协会等推荐封闭式吸痰<sup>[15-16]</sup>,而在中国等国家的指南中未提及封闭式吸痰装置的使用<sup>[17]</sup>。

随着封闭式吸痰装置应用的增多,在分析其应用效果未能达到预期的原因时,其缺陷也被发现,最主要为封闭式吸痰系统的吸痰管为非一次性使用,痰液在吸痰管内外管壁附着,致病菌在管壁定植

及繁殖,由于不能更换,当再次吸痰时脱落于气道内,造成气道二次污染。研究表明,呼吸机管路更换越频繁,细菌定植的可能性就越小,VAP发生率也就越低,其机制也是减少了二次污染<sup>[18]</sup>。Meyer等<sup>[19]</sup>对使用了24h和72h的封闭式吸痰导管进行了细菌培养,结果发现,随着使用时间的延长,吸痰管上附着的铜绿假单胞菌等病原微生物明显增加。Topeli等<sup>[5]</sup>研究发现,使用封闭式吸痰管时气道鲍曼不动杆菌及铜绿假单胞菌的定植率会明显增加。在宿主免疫力下降时,定植菌可转化为病原菌,鲍曼不动杆菌及铜绿假单胞菌也是VAP最主要的病原菌<sup>[20-21]</sup>。另一项来自印度的研究结果显示,封闭式吸痰装置尽管有减少VAP发生的趋势( $OR=1.86$ , 95% $CI=0.91\sim 3.83$ ,  $P=0.067$ ),但费用会明显升高( $P<0.0001$ ),从而加重患者负担<sup>[22]</sup>。

针对以上情况,我们研制了一种新型防喷溅呼吸回路管,其创新点是设计了一个向主管内开启的单向活瓣,采用质地柔软但又有一定塑形性的硅胶材料,其形状为向主管内下凹的近似半圆球形,中心有一条“十字形”的通缝,能承受来自呼吸回路内部的压力,防止漏气,且插入及吸痰过程中均有良好的密封性能,能防止喷溅,同时可使用普通的无菌吸痰管,防止二次污染。拔出吸痰管时单向活瓣可防止痰液对单向活瓣凹面的污染,即使不慎污染也可进行消毒处理,防止二次污染<sup>[6]</sup>。

本研究结果显示,尽管3组患者VAP发生率在统计学上未显示出统计学意义,但相对于常规的开放式吸痰组,封闭式吸痰组和防喷溅吸痰组VAP发生率均表现出降低趋势;同时,封闭式吸痰组出现细菌定植及MDR定植的患者比例均较高,分别为46.67%和39.05%,主要为鲍曼不动杆菌及铜绿假单胞菌等,较开放式吸痰组和防喷溅组明显增多,而开放式吸痰组和防喷溅吸痰组则较为接近;3组真菌定植率差异无统计学意义。提示新型防喷溅呼吸回路管具有与封闭式吸痰装置相同的预防VAP的作用,同时能克服细菌定植特别是MDR定植增多的问题,原因考虑为改进后吸痰部件为无菌一次性使用所致。本研究结果还显示,与封闭式吸痰组比较,开放式吸痰组和防喷溅吸痰组MV时间、ICU住院时间及总住院时间均有缩短趋势,人均住院费用有降低趋势,尽管差异无统计学意义,但从数值上表明防喷溅吸痰呼吸回路管仍有优势。说明虽然普通封闭式吸痰有一定预防VAP的作用,但随着耐药菌

定植的增多,在适当条件下转变为致病菌,抵消了其预防 VAP 的作用,甚至增加了 MV 时间、ICU 住院时间及住院费用,这也是国内指南中未推荐封闭式吸痰的原因之一,而防喷溅呼吸回路管能避免上述不利事件的发生。同时封闭式吸痰管的价格为每根 80~120 元,平均 5 d 左右更换 1 次;而普通一次性吸痰管每根仅 1.2 元左右,每天约使用 8~12 根,有一定的价格优势。

综上所述, VAP 的发生是多因素所致,如气道微吸入、环境因素以及医务人员的操作等。VAP 的防治是一项系统工程,需要众多措施的联合作用,不能仅凭一项措施未显示有统计学意义就否定其积极作用。新型防喷溅呼吸回路管具有封闭式吸痰装置的优点,且能使用普通无菌吸痰管,在 VAP 预防上显示出了积极作用,且克服了封闭式吸痰装置不能使用无菌吸痰管、耐药菌定植增多、价格昂贵的缺点,有较好的应用推广前景。

#### 参考文献

- [1] Ranjan N, Chaudhary U, Chaudhry D, et al. Ventilator-associated pneumonia in a tertiary care intensive care unit: Analysis of incidence, risk factors and mortality [J]. *Indian J Crit Care Med*, 2014, 18 (4): 200–204. DOI: 10.4103/0972-5229.130570.
- [2] American Thoracic Society, Infectious Diseases Society of America. Guidelines for the management of adults with hospital-acquired, ventilator-associated, and healthcare-associated pneumonia [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2005, 171 (4): 388–416. DOI: 10.1164/rccm.200405-644ST.
- [3] 赵费敏. ICU 呼吸机相关肺炎危险因素对发病影响的临床研究 [J]. *临床急诊杂志*, 2007, 8 (4): 217–219. DOI: 10.3969/j.issn.1009-5918.2007.04.010.  
Zhao FM. Clinical study on risk factors and morbidity of ventilator-associated pneumonia in the ICU [J]. *J Clin Emerg Call*, 2007, 8 (4): 217–219. DOI: 10.3969/j.issn.1009-5918.2007.04.010.
- [4] Kuriyama A, Umakoshi N, Fujinaga J, et al. Impact of closed versus open tracheal suctioning systems for mechanically ventilated adults: a systematic review and meta-analysis [J]. *Intensive Care Med*, 2015, 41 (3): 402–411. DOI: 10.1007/s00134-014-3565-4.
- [5] Topeli A, Harmanci A, Cetinkaya Y, et al. Comparison of the effect of closed versus open endotracheal suction systems on the development of ventilator-associated pneumonia [J]. *J Hosp Infect*, 2004, 58 (1): 14–19. DOI: 10.1016/j.jhin.2004.05.005.
- [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.  
Zhu XY, Xu XQ, Xu J, et al. The design and application of new anti splash breathing loop tube [J]. *Chin Crit Care Med*, 2015, 27 (7): 619–620. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.07.016.
- [7] 韩娟,周大勇,武慧.清肺解毒汤治疗呼吸机相关性肺炎的疗效观察 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2014, 21 (4): 277–280. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2014.04.15.  
Han J, Zhou DY, Wu H. An observation on efficacy of lung detoxification soup for treatment of patients with ventilator associated pneumonia [J]. *Chin J TCM WM Crit Care*, 2014, 21 (4): 277–280. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2014.04.15.
- [8] 朱海云, 阚建英, 曹书华. 小青龙汤辅助治疗呼吸机相关性肺炎的疗效观察 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2016, 23 (5): 472–474. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2016.05.007.  
Zhu HY, Kan JY, Cao SH. Clinical observation on therapeutic effect of Xiaoqinglong decoction for supplementary treatment of patients with ventilator associated pneumonia [J]. *Chin J TCM WM Crit Care*, 2016, 23 (5): 472–474. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2016.05.007.
- [9] 马绍磊,刘松桥,黄丽丽,等.加强手卫生对呼吸机相关性肺炎发病率影响的荟萃分析 [J]. *中华危重病急救医学*, 2014, 26 (5): 304–308. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.05.004.  
Ma SL, Liu SQ, Huang LL, et al. A Meta analysis of the effect of enhanced hand hygiene on the morbidity of ventilator-associated pneumonia [J]. *Chin Crit Care Med*, 2014, 26 (5): 304–308. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.05.004.
- [10] 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.
- [11] Ng KS, Kumarasinghe G, Inglis TJ. Dissemination of respiratory secretions during tracheal tube suctioning in an intensive care unit [J]. *Ann Acad Med Singapore*, 1999, 28 (2): 178–182.
- [12] Hamishekar H, Shadvar K, Taghizadeh M, et al. Ventilator-associated pneumonia in patients admitted to intensive care units, using open or closed endotracheal suctioning [J]. *Anesth Pain Med*, 2014, 4 (5): e21649. DOI: 10.5812/aapm.21649.
- [13] Lorente L, Lecuona M, Martín MM, et al. Ventilator-associated pneumonia using a closed versus an open tracheal suction system [J]. *Crit Care Med*, 2005, 33 (1): 115–119. DOI: 10.1097/01.CCM.0000150267.40396.90.
- [14] Siempos II, Vardakas KZ, Falagas ME. Closed tracheal suction systems for prevention of ventilator-associated pneumonia [J]. *Br J Anaesth*, 2008, 100 (3): 299–306. DOI: 10.1093/bja/aem403.
- [15] American Association for Respiratory Care. AARC Clinical Practice Guidelines. Endotracheal suctioning of mechanically ventilated patients with artificial airways 2010 [J]. *Respir Care*, 2010, 55 (6): 758–764.
- [16] Heyland DK, Cook DJ, Dodek PM. Prevention of ventilator-associated pneumonia: current practice in Canadian intensive care units [J]. *J Crit Care*, 2002, 17 (3): 161–167. DOI: 10.1053/j.jccr.2002.35814.
- [17] 中华医学会重症医学分会.呼吸机相关性肺炎诊断、预防和治疗指南(2013) [J]. *中华危重病急救医学*, 2015, 27 (4): 315.  
Chinese Society of Critical Care Medicine. Chinese guideline of ventilator associated pneumonia (2013) [J]. *Chin Crit Care Med*, 2015, 27 (4): 315.
- [18] 田莹,马雪琴,刘永刚,等.呼吸管路更换频率对呼吸机相关性肺炎的影响 [J]. *中华危重病急救医学*, 2016, 28 (9): 817–821. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.09.010.  
Tian Y, Ma XQ, Liu YG, et al. Influence of different ventilator circuit change frequency on ventilator-associated pneumonia [J]. *Chin Crit Care Med*, 2016, 28 (9): 817–821. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.09.010.
- [19] Meyer E, Schuhmacher M, Ebner W, et al. Experimental contamination of a closed endotracheal suction system: 24 h vs 72 h [J]. *Infection*, 2009, 37 (1): 49–51. DOI: 10.1007/s15010-008-7444-1.
- [20] 杜艳萍,孙德军,姚艺辉,等.经支气管镜污染毛刷对呼吸机相关肺炎的病原学分布及耐药监测 [J]. *中国全科医学*, 2011, 14 (18): 2058–2061. DOI: 10.3969/j.issn.1007-9572.2011.18.022.  
Du YP, Sun DJ, Yao YH, et al. Protected-specimen brush surveillance of antimicrobial resistance and pathogenic distribution of VAP [J]. *Chin Gen Pract*, 2011, 14 (18): 2058–2061. DOI: 10.3969/j.issn.1007-9572.2011.18.022.
- [21] 张华东,刘燕子,彭荣华,等.重症监护病房呼吸机相关肺炎病原体分布及耐药性分析 [J]. *中国全科医学*, 2008, 11 (11): 973–975. DOI: 10.3969/j.issn.1007-9572.2008.11.021.  
Zhang HD, Liu YZ, Peng RH, et al. Pathogens of ventilation-associated pneumonia and their drug resistance to antibiotics in ICU [J]. *Chin Gen Pract*, 2008, 11 (11): 973–975. DOI: 10.3969/j.issn.1007-9572.2008.11.021.
- [22] David D, Samuel P, David T, et al. An open-labelled randomized controlled trial comparing costs and clinical outcomes of open endotracheal suctioning with closed endotracheal suctioning in mechanically ventilated medical intensive care patients [J]. *J Crit Care*, 2011, 26 (5): 482–488. DOI: 10.1016/j.jccr.2010.10.002.

(收稿日期: 2016-09-07)