

重症监护病房机械通气患者正压拔管与负压拔管的比较研究

刘尚香 叶正龙 邹晖 梅程清 胡志青 徐维慧

南通大学附属南京江北医院 ICU, 江苏南京 210048

通信作者: 叶正龙, Email: zlyenj@126.com

【摘要】 **目的** 探讨正压拔管和负压拔管对重症监护病房(ICU)行机械通气患者的影响。**方法** 采用前瞻性随机对照研究方法,选择2019年1月至2021年3月南通大学附属南京江北医院ICU收治的行机械通气后成功通过自主呼吸试验(SBT)的105例患者作为研究对象,按随机数字表法分为正压拔管组(53例)和负压拔管组(52例)。拔管时所有患者均取半卧位(抬高床头 30° ~ 45°),清除口、鼻、咽喉及气管内分泌物。负压拔管组断开呼吸机,将吸痰管插入气管导管并越过远端开口,行气管内持续负压吸引,同时抽空气管导管气囊后,将吸痰管随同气管导管一起拔出;正压拔管组不断开呼吸机,在原有 SBT 模式下,指导患者用力吸气,当患者达到吸气高峰时,抽气囊后拔除气管导管;拔管后两组均给予鼻导管吸氧(氧流量 5 L/min)。记录两组患者拔管后 5 min 及 1 h 动脉血气分析指标 [pH 值、动脉血氧分压 (PaO_2) 和动脉血二氧化碳分压 (PaCO_2)], 观察两组患者拔管后 30 min 内的生命体征 (包括呼吸急促、心动过速、血压升高、血氧饱和度下降) 以及并发症发生情况 (包括严重呛咳、气道高反应、肺炎)。**结果** 拔管后 5 min, 正压拔管组患者 PaO_2 明显高于负压拔管组 [mmHg ($1 \text{ mmHg} \approx 0.133 \text{ kPa}$): 123.4 ± 30.2 比 111.0 ± 21.1 , $P < 0.05$], pH 值和 PaCO_2 略低于负压拔管组 [pH 值: 7.411 ± 0.042 比 7.419 ± 0.040 , PaCO_2 (mmHg): 39.7 ± 4.7 比 40.5 ± 5.6], 但差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$); 拔管后 1 h, 正压拔管组患者 pH 值、 PaO_2 、 PaCO_2 均略低于负压拔管组, 但差异均无统计学意义。拔管后 30 min 内, 正压拔管组呼吸急促、心动过速、血压升高及血氧饱和度下降发生率均明显低于负压拔管组 [呼吸急促: 9.4% ($5/53$) 比 28.8% ($15/52$), 心动过速: 15.1% ($8/53$) 比 32.7% ($17/52$), 血压升高: 11.3% ($6/53$) 比 30.8% ($16/52$), 血氧饱和度下降: 7.5% ($4/53$) 比 34.6% ($18/52$), 均 $P < 0.05$], 严重呛咳发生率亦明显低于负压拔管组 [9.4% ($5/53$) 比 30.8% ($16/52$), $P < 0.05$], 但两组间气道高反应发生率比较差异无统计学意义 [1.9% ($1/53$) 比 5.8% ($3/52$), $P > 0.05$]。两组患者均未在拔管后 48 h 内发生肺炎。**结论** 正压拔管能保证 ICU 行机械通气患者得到充分氧合, 避免低氧, 还能降低严重呛咳发生率, 有利于生命体征的稳定。

【关键词】 正压拔管; 负压拔管; 低氧血症; 气道高反应

基金项目: 南通大学临床医学专项资助项目 (2019LY025)

临床试验注册: 中国临床试验注册中心, ChiCTR 2100042632

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20211022-01545

Comparison of positive and negative pressure extubation after mechanical ventilation in intensive care unit patients

Liu Shangxiang, Ye Zhenglong, Zou Hui, Mei Chengqing, Hu Zhiqing, Xu Weihui

Intensive Care Unit, Nanjing Jiangbei Hospital Affiliated to Nantong University, Nanjing 210048, Jiangsu, China

Corresponding author: Ye Zhenglong, Email: zlyenj@126.com

【Abstract】 **Objective** To investigate the effect of positive and negative pressure extubation on mechanical ventilation patients in the intensive care unit (ICU). **Methods** A prospective randomized controlled study was performed, 105 ICU patients who successfully passed the spontaneous breathing test (SBT) after mechanical ventilation of Nanjing Jiangbei Hospital Affiliated to Nantong University from January 2019 to March 2021 were enrolled. According to random number table method, they were randomly divided into positive pressure extubation group (53 cases) and negative pressure extubation group (52 cases). During extubation, all patients were placed in semi-decubitus position (raising the head of bed at an angle range from 30° - 45°), the secretions from mouth, nose, throat and trachea were removed. In the negative pressure extubation group, the sputum suction tube was inserted into the tracheal tube and passed over the distal opening to carry out continuous negative pressure suction in the tracheal tube after disconnecting the ventilator. Meanwhile, after the tracheal tube balloon was evacuated, the sputum suction tube was pulled out together with the tracheal tube. In the positive pressure extubation group, the patients were guided to inspiratory forcibly under the original SBT mode. When the patients reached the inspiratory peak, the balloon was evacuated and the tracheal tube was removed. After extubation, all patients were given nasal catheter oxygen inhalation (oxygen flow 5 L/min). Arterial blood gas analysis indexes [pH value, arterial partial pressure of oxygen (PaO_2) and arterial partial pressure of carbon dioxide (PaCO_2)] were recorded 5 minutes and 1 hour after extubation in both groups. Vital signs (including tachypnea, tachycardia, elevated blood pressure and decreased oxygen saturation) and complications (including severe cough, airway hyperresponsiveness and pneumonia) were observed 30 minutes after extubation in both groups. **Results** Five

minutes after extubation, blood gas analysis showed that the PaO₂ of positive pressure extubation group was significantly higher than that of negative pressure extubation group [mmHg (1 mmHg ≈ 0.133 kPa): 123.4 ± 30.2 vs. 111.0 ± 21.1, $P < 0.05$], the pH value and PaCO₂ in positive pressure extubation group were slightly lower than that of negative pressure extubation group [pH value: 7.411 ± 0.042 vs. 7.419 ± 0.040, PaCO₂ (mmHg): 39.7 ± 4.7 vs. 40.5 ± 5.6], but the differences were not statistically significant (both $P > 0.05$). One hour after extubation, the pH value, PaO₂ and PaCO₂ in positive pressure extubation group were slightly lower than those in negative pressure extubation group, but the differences were not statistically significant. Within 30 minutes after extubation, the incidences of tachypnea, tachycardia, elevated blood pressure and oxygen desaturation in positive pressure extubation group were significantly lower than those in negative pressure extubation group [tachypnea: 9.4% (5/53) vs. 28.8% (15/52), tachycardia: 15.1% (8/53) vs. 32.7% (17/52), elevated blood pressure: 11.3% (6/53) vs. 30.8% (16/52), oxygen desaturation: 7.5% (4/53) vs. 34.6% (18/52), all $P < 0.05$], the incidence of severe cough in positive pressure extubation group was significantly lower than that in negative pressure extubation group [9.4% (5/53) vs. 30.8% (16/52), $P < 0.05$], but there was no significant difference in the incidence of complications of airway hyperresponsiveness between the two groups [1.9% (1/53) vs. 5.8% (3/52), $P > 0.05$]. No pneumonia occurred in both groups within 48 hours after extubation. **Conclusion** The positive pressure extubation method can ensure full oxygenation of patients undergoing mechanical ventilation in ICU, avoid hypoxia, and reduce the occurrence of hypoxia and severe cough, which is more conducive to the stability of vital signs.

【Key words】 Positive pressure extubation; Negative pressure extubation; Hypoxemia; Airway hyperresponsiveness

Fund program: Clinical Medicine Special Project of Nantong University (2019LY025)

Trial Registration: Chinese Clinical Trial Registry, ChiCTR 2100042632

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20211022-01545

机械通气治疗是重症患者呼吸支持的重要手段,拔除气管导管操作是有创通气治疗的重要环节之一。目前,临床上常用的传统方法是断开呼吸机,将吸痰管插入气管导管,持续负压吸引,随即抽空气管导管气囊,边吸引边拔除导管,称为负压拔管法。2014年,中华医学会麻醉学分会发布了气管导管拔管的专家共识^[1],建议对麻醉术后患者在吸气高峰时抽空气管导管气囊,并在正压呼气时拔除气管导管,称为正压拔管法。共识认为在正压呼气时拔管可降低患者喉痉挛、屏气及肺不张的发生率^[1]。

目前国内尚无针对重症监护病房(intensive care unit, ICU)患者气管拔管的共识,法国麻醉和重症监护医学会关于ICU患者插管和拔管的专家指南建议,气管拔管时不用负压吸引^[2]。本研究观察ICU患者行机械通气后两种拔管方法所致相关并发症的发生率,为确定合适的ICU患者拔管方式提供依据,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 研究对象:采用前瞻性随机对照研究,病例来自2019年1月至2021年3月入住南通大学附属南京江北医院ICU,选择行机械通气后成功通过自主呼吸试验(spontaneous breathing trial, SBT)的105例患者,根据随机数字表法分为正压拔管组(53例)和负压拔管组(52例)。

1.1.1 纳入标准:①接受经口气管插管机械通气;②原发病好转,达到撤机及拔管指征,通过SBT;③气囊漏气试验阴性。

1.1.2 排除标准:①年龄<14岁;②拔管失败再

插管;③严重肺部疾病;④严重神经系统功能障碍;⑤过度肥胖[体质量指数(body mass index, BMI) > 40 kg/m²];⑥重症肌无力;⑦妊娠。

1.1.3 伦理学:本研究符合医学伦理学标准,经本院伦理委员会审查(审批号:201941),并通过中国临床试验注册中心注册(注册号:ChiCTR 2100042632),所有治疗和检测均获得患者或家属的知情同意。

1.2 研究方法

1.2.1 SBT方法:呼吸机选用压力支持模式,压力支持为6~8 cmH₂O(1 cmH₂O ≈ 0.098 kPa),呼气末正压5 cmH₂O,持续30 min。SBT成功标准:呼吸频率/潮气量比值 < 105;呼吸频率 > 8次/min或 < 35次/min;自主潮气量 > 4 mL/kg;心率 < 140次/min或变化 < 20%,无新发心律失常;动脉血氧饱和度 > 0.90;动脉血气分析pH值 > 7.35,氧合指数 > 150 mmHg(1 mmHg ≈ 0.133 kPa);意识清楚,无感觉不适。

1.2.2 气囊漏气试验方法:①充分清除患者口腔、鼻腔及气囊上滞留物;②将模式更换为容量控制模式,呼吸波形为容量-时间曲线;③将气囊完全放气,待患者稳定后,记录连续5次呼出潮气量,取其中最小3个数的平均值,计算吸-呼出潮气量的差值(吸气潮气量-呼气潮气量)。气囊漏气试验阳性标准为潮气量差值 < 110 mL。

1.2.3 拔管方法:患者采取半卧位(抬高床头30°~45°),先清除口、鼻、咽喉及气管内分泌物。

1.2.3.1 负压拔管法:断开呼吸机,将吸痰管插入气管导管并越过远端开口,行气管内持续负压吸引,同时抽空气管导管气囊,将吸痰管与导管一起拔出。

1.2.3.2 正压拔管法:不断开呼吸机,在原有 SBT 模式下,指导患者用力吸气,当患者达到吸气高峰时,抽空气囊后拔除气管导管。

以上操作均由有经验的护士与研究者共同完成,拔管后均给予鼻导管吸氧(氧流量 5 L/min)。

1.3 观察指标:① 拔管后 5 min 及 1 h 对两组患者行动脉血气分析,观察 pH 值、动脉血氧分压(arterial partial pressure of oxygen, PaO₂)、动脉血二氧化碳分压(arterial partial pressure of carbon dioxide, PaCO₂); ② 观察拔管后 30 min 内两组患者的生命体征及呼吸道并发症发生情况,包括呼吸急促(呼吸频率 > 35 次/min 或较拔管前增加 50%)、心动过速(心率 > 140 次/min 或较拔管前增加 20%)、血压升高(收缩压较拔管前增加 20%)、血氧饱和度下降(超过 4% 而且持续 10 s 以上)、严重呛咳(连续咳嗽 > 5 s)、气道高反应(喉部喘鸣、双肺新发哮鸣音); ③ 观察两组患者拔管后 48 h 肺炎发生情况。

1.4 统计学方法:使用 SPSS 20.0 统计软件进行数据分析。计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,两独立样本比较采用 *t* 检验;计数资料以例(%)表示,采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者的基线资料比较(表 1):不同拔管方式两组 ICU 行机械通气患者的性别、年龄、机械通气时间以及拔管前急性生理学及慢性健康状况评分 II (acute physiology and chronic health evaluation II, APACHE II)、心率、收缩压、呼吸频率、血氧饱和度、PaO₂ 水平等基线资料比较差异均无统计学意义(均 *P* > 0.05)。

2.2 两组患者拔管后动脉血气分析指标比较(表 2):拔管后 5 min,正压拔管组患者 PaO₂ 水平明显高于负压拔管组(*P* < 0.05),pH 值、PaCO₂ 水平略低于负压拔管组,但差异均无统计学意义(均 *P* > 0.05)。拔管后 1 h,正压拔管组患者 pH 值、PaO₂、PaCO₂ 水平均略低于负压拔管组,但差异均无统计学意义(均 *P* > 0.05)。

2.3 两组患者拔管后生命体征及呼吸道并发症发生情况比较(表 3):拔管后 30 min 内,正压拔管组患者呼吸急促、心动过速、血压升高、血氧饱和度下降及严重呛咳发生率均明显低于负压拔管组(均 *P* < 0.05),但两组间的气道高反应发生率比较差异无统计学意义(*P* > 0.05)。两组患者拔管后 48 h 内均未发生肺炎。

表 1 不同拔管方式两组 ICU 行机械通气患者拔管前基线资料比较

组别	例数 (例)	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	机械通气时间 (h, $\bar{x} \pm s$)	APACHE II 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	心率 (次/min, $\bar{x} \pm s$)	收缩压 (mmHg, $\bar{x} \pm s$)	呼吸频率 (次/min, $\bar{x} \pm s$)	血氧饱和度 ($\bar{x} \pm s$)	PaO ₂ (mmHg, $\bar{x} \pm s$)
		男性	女性								
正压拔管组	53	37	16	67.2 ± 18.9	33.8 ± 49.3	7.3 ± 3.4	90.2 ± 10.7	128.1 ± 17.1	18.6 ± 3.0	0.989 ± 0.009	160.0 ± 67.8
负压拔管组	52	37	15	69.4 ± 16.8	39.7 ± 43.8	7.6 ± 4.0	86.9 ± 11.1	127.1 ± 14.8	19.0 ± 2.9	0.989 ± 0.012	158.6 ± 65.8
χ^2/t 值		0.023		-0.650	-0.646	-0.462	1.576	0.109	-0.850	0.093	0.109
<i>P</i> 值		0.880		0.520	0.520	0.650	0.120	0.913	0.397	0.926	0.913

注: ICU 为重症监护病房, APACHE II 为急性生理学及慢性健康状况评分 II, PaO₂ 为动脉血氧分压; 1 mmHg ≈ 0.133 kPa

表 2 不同拔管方式两组 ICU 行机械通气患者拔管后动脉血气分析指标比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数 (例)	pH 值		PaO ₂ (mmHg)		PaCO ₂ (mmHg)	
		拔管后 5 min	拔管后 1 h	拔管后 5 min	拔管后 1 h	拔管后 5 min	拔管后 1 h
正压拔管组	53	7.411 ± 0.042	7.414 ± 0.040	123.4 ± 30.2	123.8 ± 29.9	39.7 ± 4.7	39.5 ± 4.3
负压拔管组	52	7.419 ± 0.040	7.416 ± 0.039	111.0 ± 21.1	124.9 ± 31.3	40.5 ± 5.6	40.5 ± 4.1
<i>t</i> 值		-0.913	-0.278	2.302	-0.183	-0.758	-1.072
<i>P</i> 值		0.363	0.781	0.020	0.860	0.450	0.286

注: ICU 为重症监护病房, PaO₂ 为动脉血氧分压, PaCO₂ 为动脉血二氧化碳分压; 1 mmHg ≈ 0.133 kPa

表 3 不同拔管方式两组 ICU 行机械通气患者拔管后生命体征及呼吸道并发症发生情况比较

组别	例数 (例)	拔管后 30 min 内生命体征及呼吸道并发症发生情况[例(%)]						拔管后 48 h 内肺炎 发生率[% (例)]
		呼吸急促	心动过速	血压升高	血氧饱和度下降	严重呛咳	气道高反应	
正压拔管组	53	5(9.4)	8(15.1)	6(11.3)	4(7.5)	5(9.4)	1(1.9)	0(0)
负压拔管组	52	15(28.8)	17(32.7)	16(30.8)	18(34.6)	16(30.8)	3(5.8)	0(0)
χ^2 值		6.415	4.481	5.994	11.611	7.467	Fisher 精确检验	
<i>P</i> 值		0.013	0.041	0.017	0.010	0.006	0.363	

注: ICU 为重症监护病房; 空白代表无此项

3 讨论

与气管插管相比,行机械通气患者的气管拔管过程很少受到关注,而拔管可能导致患者喉与声带损伤、喉痉挛、喉水肿和声带麻痹、气管软化塌陷、气道狭窄或梗阻,甚至死亡。其实气管拔管并发症的发生率高于气管插管,如 Koga 等^[3]报道气管插管并发症发生率为 4.6%,而气管拔管并发症发生率为 12.0%,甚至有报道指出气管拔管并发症高达 22%^[4],应引起临床重视。

正压拔管法机制上与“肺开放”概念类似,肺开放的应用减少了低氧血症的发生^[5]。拔管过程中,负压拔管法的持续气管内负压吸引可能会导致肺不张。有研究提示,无论采用密闭式吸痰还是开放式吸痰,都会使肺功能残气量明显下降^[6]。黄霞和崔吉文^[7]发现,负压吸痰可使急性呼吸窘迫综合征 (acute respiratory distress syndrome, ARDS) 患者肺复张容积降低。负压拔管法过程与吸痰类似,使功能残气量下降,甚至引起肺不张,导致低氧的发生。本研究显示,拔管后 5 min,正压拔管组 PaO₂ 水平明显高于负压拔管组;拔管后 30 min 内,正压拔管组的血氧饱和度下降发生率明显低于负压拔管组,该结果与上述观点一致;但拔管后 1 h 两组间 PaO₂ 水平无明显差异,提示患者功能残气量已恢复。

负压拔管法采用持续气管内负压吸引,希望避免在拔管过程中声门下累积的分泌物误吸入气道,以减少因误吸导致呛咳、气道高反应、肺炎等并发症的发生。但 Andreu 等^[8]的实验室研究证实,在拔管时不行气管内吸引可以明显降低泄漏量,行气管内吸引反而会使分泌物进入气道的量增加。Hodd 等^[9]的模型研究也显示,在抽空气管导管气囊和拔管时,通过呼吸机给予一定水平的正压,可以减少误吸的发生。本研究显示,正压拔管组严重呛咳发生率明显低于负压拔管组,笔者认为正压拔管时较少的声门下分泌物泄漏到远端气道,可减少对气道的刺激,同时正压拔管不需要气管内抽吸,也可以减少对气道的刺激。

因为低氧会引起机体出现呼吸急促、心动过速、血压升高等改变,严重呛咳也会导致低氧及生命体征恶化,根据以上两点结果,不难理解本研究中正压拔管组患者呼吸急促、心动过速、血压升高发生率明显低于负压拔管组。黄国敏等^[10]发现,传统拔管后患者心率、血压和呼吸频率均较拔管前显著升高,脉搏血氧饱和度显著下降。Andreu 等^[11]的

临床研究显示,接受正压拔管的患者血氧饱和度更高,心动过速、血压升高并发症发生率较低,与本研究结果一致。

正压可减少声门下定植分泌物泄漏至远端气道的情况,然而,肺炎的发生取决于包括误吸在内的多种因素。本研究观察到两组患者拔管后 48 h 内均未发生肺炎,考虑研究对象有良好的咳嗽能力可以清除误吸的分泌物,且本研究样本量小,所以两组患者均未发生肺炎。

综上所述,本研究显示,正压拔管法最大的优势在于患者拔管前的肺内正压,可保证充分氧合,避免低氧的发生,同时正压拔管操作对气道的影响更小,可降低严重呛咳发生率,有利于生命体征的稳定,从而让患者拔管过程更舒适。但仍然需要多中心、前瞻性、大样本量的研究去证实。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中华医学会麻醉学分会. 2014 版中国麻醉学指南与专家共识 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2014: 181-186.
- [2] Quintard H, l'Her E, Pottecher J, et al. Experts' guidelines of intubation and extubation of the ICU patient of French Society of Anaesthesia and Intensive Care Medicine (SFAR) and French-speaking Intensive Care Society (SRLF): in collaboration with the pediatric Association of French-speaking Anaesthetists and Intensivists (ADARPEF), French-speaking Group of Intensive Care and Paediatric Emergencies (GFRUP) and Intensive Care Physiotherapy Society (SKR) [J]. Ann Intensive Care, 2019, 9 (1): 13. DOI: 10.1186/s13613-019-0483-1.
- [3] Koga K, Asai T, Vaughan RS, et al. Respiratory complications associated with tracheal extubation. Timing of tracheal extubation and use of the laryngeal mask during emergence from anaesthesia [J]. Anaesthesia, 1998, 53 (6): 540-544. DOI: 10.1046/j.1365-2044.1998.00397.x.
- [4] Asai T, Koga K, Vaughan RS. Respiratory complications associated with tracheal intubation and extubation [J]. Br J Anaesth, 1998, 80 (6): 767-775. DOI: 10.1093/bja/80.6.767.
- [5] Reis Miranda D, Struijs A, Koetsier P, et al. Open lung ventilation improves functional residual capacity after extubation in cardiac surgery [J]. Crit Care Med, 2005, 33 (10): 2253-2258. DOI: 10.1097/01.ccm.0000181674.71237.3b.
- [6] Heinze H, Sedemund-Adib B, Heringlake M, et al. Functional residual capacity changes after different endotracheal suctioning methods [J]. Anesth Analg, 2008, 107 (3): 941-944. DOI: 10.1213/ane.0b013e3181804a5d.
- [7] 黄霞, 崔吉文. 控制性肺膨胀压力变化对急性呼吸窘迫综合征患者不同负压吸痰后肺复张的影响 [J]. 中华危重病急救医学, 2015, 27 (7): 606-610. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.07.013.
- [8] Andreu MF, Salvati IG, Donnianni MC, et al. Effect of applying positive pressure with or without endotracheal suctioning during extubation: a laboratory study [J]. Respir Care, 2014, 59 (12): 1905-1911. DOI: 10.4187/respcare.03121.
- [9] Hodd J, Doyle A, Carter J, et al. Increasing positive end expiratory pressure at extubation reduces subglottic secretion aspiration in a bench-top model [J]. Nurs Crit Care, 2010, 15 (5): 257-261. DOI: 10.1111/j.1478-5153.2010.00422.x.
- [10] 黄国敏, 彭健泓, 江皓波, 等. 自制气道转换导管在重症监护病房困难气管插管患者拔管中的应用 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2014, 21 (1): 10-13. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2014.01.003.
- [11] Andreu MF, Dotta ME, Bezzi MG, et al. Safety of positive pressure extubation technique [J]. Respir Care, 2019, 64 (8): 899-907. DOI: 10.4187/respcare.06541.

(收稿日期: 2021-10-22)