

## 不同频率辅助通气对机械通气患者血流动力学的影响

顾勤 刘宁 徐颖

**【摘要】** 目的 探讨不同频率辅助通气对机械通气患者血流动力学的影响。方法 选择重症加强治疗病房(ICU)尝试撤机阶段的 12 例危重病患者,机械通气模式均为双水平气道正压(BiPAP)通气,仅调整通气频率,保持吸气压力及呼气末正压(PEEP)不变,按随机原则将呼吸频率先后设置为 5、10、15 和 20 次/min,记录各设置调整 20 min 后的呼吸力学、氧合及血流动力学指标变化。结果 ①随着设定呼吸频率的增加,平均气道压(Pmean)、控制通气分钟通气量( $V_E$ control)逐渐增加,而自主呼吸分钟通气量( $V_E$ spont)则逐渐减少( $P$ 均 $<0.01$ ),患者各呼吸频率间总的呼吸频率、分钟通气量( $V_E$ )均无明显变化,动脉血二氧化碳分压( $PaCO_2$ )、氧合指数( $PaO_2/FiO_2$ )差异也无显著性( $P$ 均 $>0.05$ );②随着设定呼吸频率的降低,每搏量指数(SI)、心排血指数(CI)、全心舒张末期容积指数(GEDVI)、胸腔内血容积指数(ITBVI)显著增加( $P$ 均 $<0.01$ ),但患者各呼吸频率间心率(HR)、中心静脉压(CVP)、平均动脉压(MAP)、体循环阻力指数(SVRI)及血管外肺水指数(EVLWI)相对恒定( $P$ 均 $>0.05$ );③CI 与 GEDVI 呈显著正相关( $r=0.569, P<0.01$ )。结论 对于机械通气的患者,随着自主呼吸与控制通气比例的增加,心脏前负荷增加,心排血量增加。

**【关键词】** 机械通气; 呼吸频率; 每搏量指数; 心排血指数; 全心舒张末期容积指数; 血管外肺水; 血流动力学

**The influence of different respiratory frequencies on hemodynamics in patients on artificial ventilation** GU Qin, LIU Ning, XU Ying. Emergency Intensive Care Unit, Drum Tower Hospital Affiliated to Nanjing University Medical School, Nanjing 210008, Jiangsu, China

**【Abstract】** **Objective** To discuss the influence of different mechanical respiratory frequencies on hemodynamics in patients on mechanical ventilator. **Methods** Twelve critical patients during weaning from mechanical ventilation with bi-level positive airway pressure (BiPAP) were studied. The ventilatory support was modified by changing the mechanical respiratory frequency only, with inspiratory airway pressure and positive end-expiratory pressure (PEEP) kept constant. Mechanical respiratory frequency was set as follows: 5, 10, 15 and 20 breaths per minute in randomized order. Respiratory mechanics, oxygenation and hemodynamics were determined and recorded 20 minutes after the change in ventilatory parameters. **Results** ①With the increase in mechanical respiratory rate, the mean pressure (Pmean) increased, minute ventilatory volume in control ventilation ( $V_E$  control) were also significantly increased, but minute ventilatory volume in spontaneous breaths ( $V_E$ spont) were decreased (all  $P<0.01$ ). There were no change in the total respiratory frequencies, minute ventilatory volume ( $V_E$ ), partial pressure of carbon dioxide in artery ( $PaCO_2$ ) and oxygenation index ( $PaO_2/FiO_2$ , all  $P>0.05$ ). ②With the decrease in mechanical respiratory frequencies, stroke volume index (SI), cardiac output index (CI), global end-diastolic volume index (GEDVI) and intrathoracic blood volume index (ITBVI) were also increased (all  $P<0.01$ ), but heart rate (HR), central venous pressure (CVP), mean artery pressure (MAP), systemic vascular resistance index (SVRI) and extravascular lung water index (EVLWI) were relatively stable (all  $P>0.05$ ). ③There was significant positive correlation between CI and GEDVI ( $r=0.569, P<0.01$ ). **Conclusion** With an increase in the ratio of spontaneous breaths to control ventilation in patients on mechanical ventilator, cardiac preload is increased, so cardiac output is also increased.

**【Key words】** mechanical ventilation; respiratory frequency; cardiac output index; stroke volume index; global end-diastolic volume index; extravascular lung water; hemodynamics

机械通气是治疗呼吸衰竭的有效手段,但可能会对循环产生不良的影响,一般认为主要是由于正

压通气时胸腔压力增高使静脉回流受阻,导致心排血量(CO)减少所致,因此认为机械通气时自主呼吸与控制通气的比例与血流动力学改变有关。研究两者之间的相关性将有助于进一步了解正压通气对血流动力学影响的机制,探讨更为合理的部分辅助通气策略。我们以进入尝试撤机阶段的患者为研究对象,探讨不同频率辅助通气对其通气状况血流动力学的影响。

基金项目:江苏省南京市卫生局科研基金资助项目(ZKX0417)

作者单位:210008 江苏南京,南京大学医学院附属鼓楼医院 EICU

作者简介:顾勤(1963-),女(汉族),江苏省人,医学硕士,主任医师,主要从事多器官功能障碍的研究(Email:ICUguqin@yahoo.com.cn)。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料:**选择 2006 年 3 月—2007 年 1 月本院重症加强治疗病房(ICU)收治的 12 例危重病患者作为研究对象。入选标准:清醒合作,年龄 18~80 岁,无急、慢性心功能不全,无发热、疼痛等不适主诉,心排血量指数(CI)波动范围( $\Delta$ CI)在正常参考值的 15%之内,全身情况稳定,进入尝试撤机阶段的患者。排除标准:年龄<18 岁或>80 岁,妊娠,存在股动脉置管的禁忌证,有急、慢性心功能不全病史,操作未得到患者或家属同意,以及伴终末期多器官功能衰竭者。

**1.2 研究方法:**12 例患者入组观察,其中男 8 例,女 4 例;年龄 33~72 岁,平均(65.2±12.6)岁;急性生理学与慢性健康状况评分系统(APACHE)评分为(16±6)分;肺部感染 6 例,急性胰腺炎 2 例,胆管炎术后 2 例,肠道肿瘤术后 2 例;机械通气时间为 4~240 h,平均(51.44±67.01)h。经充分的液体复苏后使患者每搏量变异(SVV)<15%,体温 36.5~37.5℃,液体输入严格控制在 50~80 ml/h,停用镇静药物 8 h 以上。机械通气(PB 840 呼吸机,美国)模式为双水平气道正压(BiPAP)通气,呼气末正压(PEEP)5 cm H<sub>2</sub>O(1 cm H<sub>2</sub>O=0.098 kPa),呼吸频率 20 次/min,压力支持(PS)0 cm H<sub>2</sub>O,吸气压力(P<sub>H</sub>)逐渐增加直到患者无自主呼吸为止,吸入氧浓度(FiO<sub>2</sub>)>0.30,脉搏血氧饱和度(SpO<sub>2</sub>)>0.95。按照随机方法顺序将呼吸频率设置为 5 次/min 组(BiPAP 5 组)、10 次/min 组(BiPAP 10 组)、15 次/min 组(BiPAP 15 组)和 20 次/min 组(BiPAP 20 组),其他参数不变。每次设置后 20 min 测定 1 次呼吸力学、氧合和血流动力学指标。

### 1.3 监测指标及方法

**1.3.1 通气参数的监测:**记录呼吸机监测界面上所显示的呼吸频率、平均气道压(P<sub>mean</sub>)、分钟通气量(V<sub>E</sub>)、控制通气潮气量(V<sub>Tcontrol</sub>)、自主呼吸分钟通气量(V<sub>ESpont</sub>),并计算控制通气分钟通气量(V<sub>Econtrol</sub>=V<sub>Tcontrol</sub>×设定呼吸频率)。

**1.3.2 血流动力学参数监测:**采用热稀释法自右颈内静脉置入中心静脉导管(7F, Arrow Company, USA),以持续监测中心静脉压(CVP),并连接温度探头,然后与脉搏轮廓动脉压波形分析(PiCCO)仪(Pulsion Company, German)相连接,从股动脉置入 PiCCO 导管(4F, Pulsion Medical System, Germany),打开 PiCCO 监测仪,连接压力换能器,调零后持续监测有创动脉压。经中心静脉导管注射 4~10℃生理盐水 10 ml,利用单指示剂热稀释法原理测定血管外肺水指数(EVLWI)、胸腔内血容积指数(ITBVI)、全心舒张末期容积指数(GEDVI)、CI、每搏量指数(SI)。

**1.3.3 氧合指数(PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>)和动脉血二氧化碳分压(PaCO<sub>2</sub>)的测定:**每次抽取股动脉血行血气分析(Stat Profile pHox, NOVA biomedical, USA)。

**1.4 统计学方法:**采用 SPSS12.0 统计软件包进行数据处理,实验数据以均数±标准差( $\bar{x}$ ±s)表示,组间均数比较采用单因素方差分析和 *q* 检验,各指标间相关性检验用 Pearson 分析,*P*<0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 设定呼吸频率的改变对患者呼吸力学及氧合功能的影响(表 1):**随着所设定呼吸频率的增加,P<sub>mean</sub>和 V<sub>Econtrol</sub> 逐渐增加,而 V<sub>ESpont</sub> 则逐渐下降(*P*均<0.01),但患者总的呼吸频率以及 V<sub>E</sub> 则均无明显变化(*P*均>0.05),各呼吸频率组间的 PaCO<sub>2</sub> 和 PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> 比较差异亦均无显著性(*P*均>0.05)。

**2.2 设定呼吸频率改变对患者血流动力学的影响(表 2):**随着设定呼吸频率的降低,SI、CI、GEDVI 和 ITBVI 均增加(*P*均<0.01),各呼吸频率组间 HR、CVP、MAP、SVRI、EVLWI 相对恒定,差异均无显著性(*P*均>0.05)。

**2.3 CI 与 GEDVI 的相关性研究(图 1):**整个试验过程中所监测到的 CI 与 GEDVI 呈显著正相关(*r*=0.569,*P*<0.01)。

表 1 机械通气时设定呼吸频率改变对 12 例患者通气状况的影响( $\bar{x}$ ±s)

Table 1 Influence of different mechanical respiratory frequencies on ventilation condition in 12 patients( $\bar{x}$ ±s)

组别	呼吸频率 (次/min)	V <sub>E</sub> (L/min)	V <sub>Econtrol</sub> (L/min)	V <sub>ESpont</sub> (L/min)	PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> (mm Hg)	PaCO <sub>2</sub> (mm Hg)	P <sub>mean</sub> (mm Hg)
BiPAP 5 组	18.50±5.83	9.13±3.69	2.84±0.81 <sup>△</sup>	7.11±2.68 <sup>△</sup>	289.04±50.20	33.68±9.67	5.52±0.66 <sup>△</sup>
BiPAP 10 组	18.83±2.71	10.13±2.21	5.40±1.81 <sup>△</sup>	5.13±1.81 <sup>△</sup>	277.27±64.94	38.32±17.48	6.55±0.88 <sup>△</sup>
BiPAP 15 组	19.80±4.55	10.52±2.11	6.92±1.33 <sup>△</sup>	3.22±2.24 <sup>△</sup>	278.38±92.28	28.92±5.72	8.14±0.58 <sup>△</sup>
BiPAP 20 组	20.67±1.21	9.46±1.13	7.88±1.13	1.49±1.73	266.10±81.33	27.83±3.56	8.75±0.90

注:与 BiPAP 20 组比较:<sup>△</sup>*P*<0.01;1 mm Hg=0.133 kPa

表 2 机械通气时设定呼吸频率改变对 12 例患者血流动力学的影响( $\bar{x} \pm s$ )Table 2 Influence of different mechanical respiratory frequencies on hemodynamics in 12 patients( $\bar{x} \pm s$ )

组别	HR (次/min)	MAP (mm Hg)	CVP (cm H <sub>2</sub> O)	CI (L·min <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup> )	SI (ml/m <sup>2</sup> )	GEDVI (ml/m <sup>2</sup> )	ITBVI (ml/m <sup>2</sup> )	SVRI (kPa·s·L <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup> )	EVLWI (ml/kg)
BiPAP 5组	110.17±13.96	99.14±9.30	11.17±4.71	4.20±0.39 <sup>△</sup>	41.95±8.24 <sup>△</sup>	682.88±67.00 <sup>△</sup>	860.25±54.15 <sup>△</sup>	156.50±24.17	4.20±0.95
BiPAP 10组	108.83±17.30	93.71±5.59	11.29±4.68	3.47±0.25 <sup>△</sup>	36.88±6.79 <sup>△</sup>	570.38±41.74 <sup>△</sup>	756.63±57.58 <sup>△</sup>	147.49±58.03	4.51±1.49
BiPAP 15组	104.20±13.10	87.40±19.50	10.40±2.97	3.41±0.32 <sup>△</sup>	30.42±9.82 <sup>△</sup>	554.25±81.97 <sup>△</sup>	676.88±110.97 <sup>△</sup>	166.82±23.09	5.12±1.31
BiPAP 20组	104.83±12.30	86.86±11.65	10.57±2.15	2.58±0.44	26.19±6.27	525.63±100.16	568.71±166.11	184.87±53.20	5.23±1.44

注:与 BiPAP 20 组比较:△ $P < 0.01$ ;HR 为心率;MAP 为平均动脉压;SVRI 为体循环阻力指数

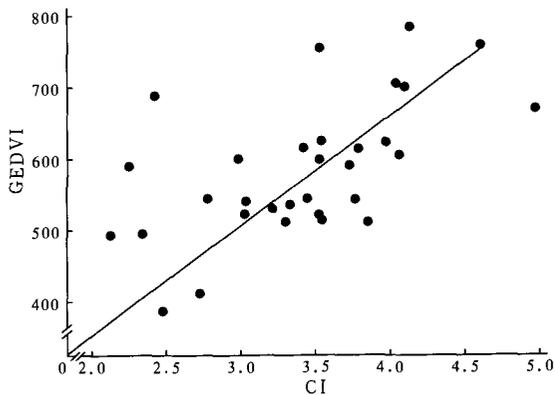


图 1 CI 与 GEDVI 的相关性

Figure 1 Correlation between CI and GEDVI

### 3 讨论

一般认为,机械通气可使胸腔内压升高,导致静脉回流减少,心脏前负荷降低,其综合效应使患者的 CO 降低,血压降低,器官灌注受到影响<sup>[1,2]</sup>。自主呼吸降低了胸腔内压,增加了静脉回流,从而增加 CO<sup>[3]</sup>。本研究中根据 BiPAP 模式时不同呼吸频率的设定以调整控制通气及自主呼吸的比例,探讨了不同通气方式对循环的影响。研究发现,随着控制通气设定频率的增加,患者总的呼吸频率及 V<sub>E</sub> 无明显变化,但由于控制通气对气道压力的影响,使 P<sub>mean</sub> 逐渐增加,患者回心血量降低,心脏前负荷降低,CO 减少,因此 SI、CI、GEDVI 和 ITBVI 均降低。另外,镇静药物的使用,气道压力和心脏的相互作用、体温、PaCO<sub>2</sub> 以及 Hb 也都将影响机械通气时的自主呼吸,导致 CO 的变化<sup>[4,5]</sup>。本研究在排除以上可能导致 CO 改变的代谢及药物因素后,发现随着呼吸频率设置的降低,自主呼吸频率的增加,CO 和 GEDVI 逐渐增加,且 CI 与 GEDVI 有很好的相关性,相关系数达 0.569,由此可以说明,自主呼吸增加所引起的 CO 增加可能与静脉回心血量增加(即心脏前负荷增加)有关。

临床上常用的反映心脏前负荷的指标包括 HR、血压、CVP 和肺动脉楔压(PAWP)等压力指标及 GEDVI 等容量指标。在本结果中可以发现,随着

控制通气设定频率的改变,GEDVI、CI 随之改变,但 HR、CVP、MAP、SVRI 相对恒定,因此认为,对于机械通气的患者,容量指标比压力指标更能准确的反映患者的心脏前负荷。

本研究中,当控制通气频率增加时,虽然自主呼吸和控制通气比例发生变化,但患者总的呼吸频率及 V<sub>E</sub> 无明显变化,因此,PaCO<sub>2</sub> 无明显变化。在本研究设定的通气条件中,PaCO<sub>2</sub> 维持在正常范围,PEEP 保持恒定,虽然心脏前负荷及 CO 发生了改变,但 EVLWI 无明显变化,PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> 亦无改变。

机械通气时随着自主呼吸和控制通气比例的增加,引起 CO 增加可能仅仅对循环相对稳定的患者有益,若急、慢性充血性心功能不全患者自主呼吸比例增加,引起 GEDVI 增加,可能会恶化病情<sup>[6]</sup>。因此,对后一类患者应加强监护,若发现自主呼吸比例增加引起 CO 下降,则应脱水使液体负平衡。对循环血量充足的患者,自主呼吸对循环的作用可能微不足道;但是对低血容量患者,气道压力的增加可能引起 CO 的急剧下降。

### 参考文献:

- Goertz A, Heinrich H, Winter H, et al. Hemodynamic effects of different ventilatory patterns, a prospective clinical trial [J]. Chest, 1991, 99(5): 1166-1171.
- Valentine D D, Hammond M D, Downs J B, et al. Distribution of ventilation and perfusion with different modes of mechanical ventilation [J]. Am Rev Respir Dis, 1991, 143(6): 1262-1266.
- Pinsky M R, Matuschak G M, Klain M. Determinants of cardiac augmentation by elevations in intrathoracic pressure [J]. J Appl Physiol, 1985, 58(4): 1189-1198.
- Neumann P, Schubert A, Heuer J, et al. Hemodynamic effects of spontaneous breathing in the post-operative period [J]. Acta Anaesthesiol Scand, 2005, 49(10): 1443-1448.
- 洪群英, 白春学, 宋元林, 等. 双水平压力调节通气与反比通气对健康及急性肺损伤犬心肺功能影响的比较研究 [J]. 中国危重病急救医学, 2002, 14(3): 134-137.
- 徐磊, 张纳新, 秦英智, 等. 低辅助通气不同通气模式对心功能低下患者血流动力学的影响 [J]. 中国危重病急救医学, 2006, 18(6): 363-366.

(收稿日期:2007-06-21 修回日期:2007-08-08)

(本文编辑:李银平)