

# 客观评价小潮气量通气

朱蕾

机械通气(MV)可改善气体交换,但也可导致机械通气相关性肺损伤(简称气压伤)和循环功能抑制,因此,近年来强调小潮气量( $V_T$ )通气,这在特定患者发挥了积极作用,但也出现了滥用趋势。 $V_T$ 是否合适主要依据患者的呼吸生理学特点,其核心是胸肺组织的压力-容积(P-V)曲线。

## 1 正常 P-V 曲线的基本特点

P-V 曲线是以功能残气量(FRC)为基点,肺泡压力变化为横坐标,肺容量变化为纵坐标的曲线。正常情况下分为二段一点,即陡直段和高位平坦段,二段交点为高位拐点(UIP)。

**1.1 正常 FRC 的特性:**正常 FRC 为肺弹性回缩力和胸廓弹性扩张力的平衡位置,约占肺总量(TLC)的 40%;可保障最佳的力学关系、最小的呼吸肌做功和正常的动脉血气水平;MV 对循环功能的抑制最轻,气压伤发生的机会最少。

**1.2 陡直段的特性:**压力和容量的变化呈线性关系,较小的压力变化即能产生较大的  $V_T$ ,是自主呼吸和 MV 的适宜部位,陡直段的容积反映肺组织能够耐受的  $V_T$  范围,大约在 2 000 ml 以上。

**1.3 UIP 和高位平坦段的特性:**正常 UIP 压力为 35~50 cm H<sub>2</sub>O(1 cm H<sub>2</sub>O=0.098 kPa),容量占 TLC 的 85%~90%,相当于容量控制通气时平台压 35 cm H<sub>2</sub>O 或吸气末肺容积(V<sub>ei</sub>)20 ml/kg 的水平。高位平坦段是超过 UIP 的部分,较小的  $V_T$  变化即可导致压力的明显升高,显著增加气压伤发生的机会,并加剧 MV 对循环功能的抑制。因此,MV 时强调平台压不超过 UIP<sup>[1]</sup>。

根据呼吸力学特点,大体分为正常肺容积、高肺容积、低肺容积 3 种基本类型的呼吸衰竭,不同类型有不同的特点和通气要求。

## 2 正常肺容积呼吸衰竭

正常肺容积呼吸衰竭主要见于脑部疾病、神经-肌肉疾病、药物中毒、电解质紊乱、外科手术及麻醉等情况,该类患者的气道-肺阻力基本正常或接近正常,P-V 曲线接近正常,陡直段容积大约在 2 000 ml 以上。因此,理论上可用小  $V_T$ (6~8 ml/kg),也可使用常规  $V_T$ (8~12 ml/kg)或较大  $V_T$ (12~15 ml/kg)通气。通常情况下,由于重力作用,下肺区血流量多,含气量少,肺泡有陷闭倾向;上肺区相反,血管有陷闭倾向。自主呼吸时,通过神经的调节作用和膈肌收缩的代偿作用,上肺区血流增加,下肺区通气增加,从而防止肺泡和血管的陷闭,并使通气/血流(V/Q)比例维持在正常范围。MV 时,由于自主呼吸部分或全部被取代,其代偿作用减弱或消失,加之 MV 的正压作用,将发生小气道-肺泡的陷闭,这不仅导致或加重 V/Q 比例失调和低氧血症,也可能将分泌物和病原菌包绕其中,继发感染,因此必须使用较大  $V_T$  呼吸或通气,确保陷闭气道-肺泡的充分开放和肺泡引流的改善。我们的治疗结果显示,在该类患者,用较大  $V_T$  和较慢呼吸频率通气,患者恢复快;用小  $V_T$  或常规  $V_T$  通气则恢复慢,且肺感染发生率显著增加;因此用大  $V_T$  通气不仅可有效改善气体交换,且有改善周围小气道-肺泡引流、防治肺感染的作用;而此时的呼气末水平位于正常 FRC 位置,平台压也会远低于 UIP,处于“最佳”的呼吸力学状态<sup>[1-2]</sup>。

## 3 高肺容积呼吸衰竭

高肺容积呼吸衰竭主要见于慢性阻塞性肺疾病(COPD)和支气管哮喘。COPD 主要表现为肺组织过度充气、气道陷闭,由于 FRC 增大和内源性呼气末正压(PEEPi)的存在,其 P-V 曲线的特点是从横坐标起始,基点上移,FRC 增大至 67% 以上,陡直段容积显著降低,甚至仅 200~400 ml。此时若采取传统的深慢呼吸方式,用较大  $V_T$ ,肺容积将会超过 UIP,容易导致并发症的出现和 MV 失败;而较高 PEEPi 又可使患者和呼吸机吸气、呼气时相不一致。COPD 呼吸衰竭多为慢性,有一定的肾功能代偿;部分患者的基础动脉血二氧化碳分压(PaCO<sub>2</sub>)高于正常。如果使用较大  $V_T$  在短时间内使 PaCO<sub>2</sub> 迅速下降至正常,将发生碱中毒,抑制自主呼吸能力,容易导致呼吸机依赖和撤机困难。为避免上述情况的发生,初始通气时宜采用小  $V_T$ ,呼吸频率

略快,适当呼气末正压(PEEP)。PEEP为PEEPi的50%~85%时可对抗PEEPi,明显改善人机配合,又不恶化呼吸力学(不增大平台压)和血流动力学状态,待患者病情好转,FRC下降后再逐渐增加 $V_T$ ,改用深慢呼吸,逐渐发挥MV的治疗作用,使 $\text{PaCO}_2$ 逐渐下降,此时再采用小 $V_T$ 就不合适了。 $\text{PaCO}_2$ 不强求降至正常水平,只要达到患者的基础水平或略高于基础水平即可。多数患者应该选择无创正压通气<sup>[1-2]</sup>。

与COPD相比,危重支气管哮喘主要病理改变是气道黏膜的水肿和平滑肌痉挛,其P-V曲线陡直段的容积更小,PEEPi更高,用PEEP不能使气道明显扩张,反而使气道压力升高,因此,PEEP水平应严格控制,一般不超过3~5 cm H<sub>2</sub>O。由于患者气道阻力和PEEPi特别高,很难实现人机同步,多数患者需及早气管插管行MV,并适当应用镇静剂和肌松剂抑制自主呼吸。为了使高压不超过UIP,在较高浓度供氧的基础上,必须采用小 $V_T$ 、慢呼吸频率(<10~12次/min)和允许性高碳酸血症(PHC);同时适当缩短吸气时间和增大吸气流速。当患者气道阻塞减轻, $\text{CO}_2$ 滞留纠正后,也应该增大 $V_T$ ,采用深慢呼吸,并及早停机、拔管,必要时用无创通气过渡<sup>[2]</sup>。

#### 4 低肺容积呼吸衰竭

低肺容积呼吸衰竭以急性肺损伤/急性呼吸窘迫综合征(ALI/ARDS)为代表。典型ARDS的病理改变具有重力依赖性,大体分为高位“正常肺区”30%~40%、中间陷闭肺区20%~30%、低位实变肺区40%~50%3个部分,理论上前者无需额外的通气治疗,后者暂时不能通气,而适当的通气压力和PEEP则可使陷闭肺泡充分开放,通气容积增加至50%以上。低肺容积呼吸衰竭的P-V曲线特点是出现低位平坦段和低位拐点(LIP),且FRC和TLC下降,陡直段的容积显著减少,但早期可维持在1 000 ml以上。理论上,LIP为陷闭肺泡的同时开放点,但由于胸腔负压梯度的存在和损伤程度的不均一性,LIP多为一阶段<sup>[2]</sup>。一般认为PEEP等于或略高于LIP水平时,陷闭肺泡充分开放,FRC明显增加,氧合显著改善;切变力显著降低,肺损伤的机会减少;反射性肺血管扩张,肺循环阻力降低,故称为“最佳PEEP”,其经验数值为8~12 cm H<sub>2</sub>O或10~15 cm H<sub>2</sub>O。目前ARDS的通气方式有较多类型,但比较公认的是小 $V_T$ 为核心的保护性肺通气。这基于美国心肺血液研究所(NHLBI)组织的多中心前瞻性研究结果<sup>[3]</sup>。该研究将ALI/ARDS患者分为常规 $V_T$ (12 ml/kg)组(限制平台压 $\leq 50$  cm H<sub>2</sub>O)和小 $V_T$ (6 ml/kg)组(限制平台压 $\leq 30$  cm H<sub>2</sub>O)两组。总样本数计划1 000例,但达到861例时,两组之间的病死率(分别为40%和31%)因出现显著差异而自动终止,从而证实小 $V_T$ 能降低病死率。该结果仅针对ALI/ARDS,但其后也被滥用于其他情况。当然该研究也有较大局限:没有对入选患者进行分层分析;除了 $V_T$ 不同,平台压的限制也有差别,结果不能令人信服。如上述,对早期ARDS,MV主要作用于陷闭肺组织,使用常规 $V_T$ 即可产生适当的平台压,使陷闭肺泡复张,最佳PEEP则可维持肺泡扩张,使肺组织处于“最佳”的力学状态;而不恰当的小 $V_T$ 通气反而会引起小气道和肺泡陷闭、分泌物滞留及人机对抗等。Richard等<sup>[4]</sup>研究表明,在PEEP固定情况下, $V_T$ 从10 ml/kg降至6 ml/kg时,复张的肺泡重新塌陷;但增加PEEP(约4 cm H<sub>2</sub>O)后肺泡复张良好,因为增加PEEP的同时增加了平台压。设置小 $V_T$ 的目的主要是降低平台压,使其不超过UIP;如果使用常规 $V_T$ 也能使平台压在安全范围内就没有必要采用小 $V_T$ 。重症ARDS患者实变肺组织较多,P-V曲线陡直段的容积显著下降,此时为了避免MV的负效应,则必须使用小 $V_T$ 和PHC。

综上所述,特定情况下,主要是重症哮喘、重症ARDS及COPD慢性呼吸衰竭早期是小 $V_T$ 通气的适应证,其中前两者主要是为了避免气压伤而不得不采取的通气方式,常伴随 $\text{PaCO}_2$ 的上升和pH值的下降,称为PHC;而后者则是符合呼吸生理的必然选择,尽管 $\text{PaCO}_2$ 升高,但pH值正常或升高,不能称为PHC。 $V_T$ 的选择必须根据不同疾病的P-V曲线特点、疾病的不同阶段,并结合PEEP、平台压的水平等综合考虑,给予符合患者病理生理的通气条件,提高治疗效果,减少并发症。

#### 参考文献

- [1] 朱蕾,刘又宁,钮善福.临床呼吸生理学.北京:人民卫生出版社,2008.
- [2] 朱蕾,钮善福.机械通气.2版.北京:人民卫生出版社,2004.
- [3] The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. N Engl J Med,2000,342:1301-1308.
- [4] Richard JC, Brochard L, Vandelet P, et al. Respective effects of end-expiratory and end-inspiratory pressures on alveolar recruitment in acute lung injury. Crit Care Med,2003,31:89-92.

(收稿日期:2010-03-03) (本文编辑:李银平)

# 客观评价小潮气量通气

作者: [朱蕾, ZHU Lei](#)  
作者单位: [复旦大学附属中山医院呼吸科, 上海, 200032](#)  
刊名: [中国危重病急救医学](#) ISTIC PKU  
英文刊名: [CHINESE CRITICAL CARE MEDICINE](#)  
年, 卷(期): 2010, 22 (3)  
被引用次数: 1次

## 参考文献(4条)

1. [Richard JC;Brochard L;Vandelet P Respective effects of end-expiratory and end-inspiratory pressures on alveolar recruitment in acute lung injury](#)[外文期刊] 2003(1)
2. [The Acute Respiratory Distress Syndrome Network Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome](#)[外文期刊] 2000
3. 朱蕾;钮善福 [机械通气](#) 2004
4. 朱蕾;刘又宁;钮善福 [临床呼吸生理学](#) 2008

## 引证文献(2条)

1. [郑立 支气管哮喘急性发作合并自发性气胸13例临床分析](#)[期刊论文]-[广西医学](#) 2010(12)
2. [郑立 支气管哮喘急性发作合并自发性气胸13例临床分析](#)[期刊论文]-[广西医学](#) 2010(12)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_zgwzbjyx201003003.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zgwzbjyx201003003.aspx)