

• 论著 •

呼气末正压对急性呼吸窘迫综合征肺复张容积及氧合影响的临床研究

邱海波 许红阳 杨毅 周韶霞 陈永铭 孙辉明

【摘要】 目的 评价呼气末正压(PEEP)对急性呼吸窘迫综合征(ARDS)肺复张容积的影响,探讨 ARDS 患者 PEEP 的选择方法。**方法** 以 11 例血流动力学稳定、接受机械通气的 ARDS 患者为研究对象,采用压力-容积曲线法分别测定 PEEP 为 5、10、15 cm H₂O(1 cm H₂O=0.098 kPa)时的肺复张容积,观察患者动脉血气、肺机械力学和血流动力学变化。**结果** PEEP 分别 5、10 和 15 cm H₂O 时肺复张容积分别为(40.2±15.3)ml、(123.8±43.1)ml 和 (178.9±43.5)ml,随着 PEEP 水平的增加,肺复张容积亦明显增加(P 均 <0.05)。动脉氧合指数也随着 PEEP 水平增加而增加,且其变化与肺复张容积呈正相关($r=0.483$, $P<0.01$)。不同 PEEP 条件下,患者的肺静态顺应性无明显变化($P>0.05$)。将患者按有无低位转折点(LIP)分为有 LIP 组与无 LIP 组,两组患者的肺复张容积都随着 PEEP 水平的增加而增加,其中 PEEP 15 cm H₂O 时 LIP 组患者的肺复张容积大于无 LIP 组($P<0.05$)。**结论** PEEP 水平越高,肺复张容积越大,肺复张容积增加与动脉氧合指数的变化呈正相关。

【关键词】 急性呼吸窘迫综合征; 呼气末正压; 肺复张容积; 氧合

中图分类号:R605.973;R563.8 文献标识码:A 文章编号:1003-0603(2004)07-0399-04

Effects of positive end - expiratory pressure on lung recruited volume and oxygenation in patients with acute respiratory distress syndrome QIU Hai - bo, XU Hong - yang, YANG Yi, ZHOU Shao - xia, CHEN Yong - ming, SUN Hui - ming. Department of Critical Care Medicine, Zhongda Hospital and School of Clinical Medicine, Southeast University, Nanjing 210009, Jiangsu, China

【Abstract】 Objective To access alveolar recruitment with positive end - expiratory pressure(PEEP) and to correlate the recruited volume with arterial oxygenation in acute respiratory distress syndrome (ARDS). **Methods** Eleven ventilated patients satisfying criteria of ARDS were included in the study group. Recruited volume of three different PEEP levels(5 cm H₂O, 10 cm H₂O, 15 cm H₂O(1 cm H₂O=0.098 kPa)) were measured by pressure - volume curve method. Effects of different PEEP levels on lung mechanics and gas exchange were compared. **Results** Lung recruited volume elevated when PEEP increased from 5 cm H₂O to 15 cm H₂O [(40.2±15.3)ml vs. (123.8±43.1)ml vs. (178.9±43.5)ml, all $P<0.05$]. Arterial oxygenation index increased with PEEP and a positive correlation was found between recruited volume and changes in arterial oxygenation index($r=0.483$, $P<0.01$). There was no significant difference during the static compliance at different PEEP levels at a fixed tidal volume($P>0.05$). Recruited volume at PEEP 15 cm H₂O in the patient group with lower inflection point(LIP) was larger than the group without LIP. **Conclusion** Recruited volume increases with PEEP, and the PEEP - induced increase in arterial oxygenation is significantly correlated to recruited volume.

【Key words】 acute respiratory distress syndrome; positive end - expiratory pressure; recruited volume; oxygenation

CLC number:R605.973;R563.8 Document code:A Article ID:1003-0603(2004)07-0399-04

基金项目:江苏省医学重点基金(H200102);江苏省 135 医学重点人才基金,江苏省社会发展基金(BS2000409,BS99032)

作者单位:210009 南京,东南大学附属中大医院危重病医学科,东南大学急诊与危重病医学研究所

作者简介:邱海波(1966-),男(汉族),河南省新野人,医学博士,教授,主任医师,主要从事危重病和 ARDS 的基础和临床研究,目前担任中国危重病医学会常委,中国中西医结合学会急救医学专业委员会委员,中华急诊医学会中青年委员,江苏省急诊医学会副主任委员,获国家科技进步二等奖 1 项(参加),中华医学科技二等奖 1 项,詹天佑科技青年奖 1 项,发表论文 60 余篇(haiboq2000@yahoo.com.cn)。

适当应用呼气末正压(PEEP)可以防止急性呼吸窘迫综合征(ARDS)肺泡塌陷,避免肺泡随呼吸周期性闭合与开放所引起的肺萎陷伤,是重要的保护性通气策略之一^[1]。目前临床上主要根据静态压力-容积(P-V)曲线吸气支上的低位转折点(LIP)压力选择 PEEP,但 LIP 是否反映了原先塌陷的肺泡大量复张,而且部分 ARDS 患者并无明显 LIP,因此,定量评价肺复张与 PEEP 的关系,根据肺复张容积指导 PEEP 的选择可能更为客观。本实验拟通过测定不同 PEEP 的肺复张容积,研究 PEEP 对肺复

张的影响及肺复张与氧合改善的关系,探讨根据肺复张容积来选择 PEEP 的可行性。

1 资料与方法

1.1 病例:血流动力学稳定、接受机械通气的 ARDS 患者 11 例,均符合 1992 年欧美联席会议 ARDS 诊断标准^[2]。其中男性 10 例,女性 1 例;年龄 22~74 岁;基础疾病:包括重症肺炎、腹腔感染、重症胰腺炎和创伤等。

1.2 研究方法

1.2.1 患者准备:取仰卧位,用 S1500 型心电监护仪(美国 Spacelab 公司)持续监测心电图与血压。气管插管接 Evita 4 呼吸机(德国 Dräger 公司)。基础通气条件:容量控制通气,潮气量 8 ml/kg,呼吸频率 16~20 次/min,吸气时间 1 s,吸气暂停时间为 5%,吸氧浓度为(FiO_2) 0.45 ± 0.05 。将 Ventrak-1550 呼吸功能监测仪(美国 Novamatrix 公司)的压力流量传感器连接于气管插管 Y 管处。

1.2.2 静态 P-V 曲线的描记与 LIP 的确定:采用低流速法描记患者的静态肺 P-V 曲线^[3]。容量控制通气,恒流,呼吸频率 5 次/min,吸呼比为 4:1,吸气流速 6 L/min,由 Evita 4 呼吸机和 Ventrak 1550 呼吸功能监护仪记录静态肺 P-V 曲线。应用 Aplus 分析软件(Novamatrix 公司提供)和双向直线回归法计算出曲线的 LIP 压力,分别以曲线上的每一组数据向前和向后做双向直线回归,两条回归系数乘积最大的那一组数据就是转折点对应的原始数据。然后由这一点分别向前和向后做直线回归,求出它们的斜率 S_a 和 S_b ,若 $S_b/S_a > 3$,认为曲线存在低位转折点。进一步求出直线 a 和直线 b 的截距,即转折点对应的压力和容积^[4]。

1.2.3 肺复张容积的测定:只改变 PEEP 水平,其余通气条件同基础通气条件,稳定 20 min 以后,将呼吸频率减至 6 次/min,从而延长呼气时间至 9 s,吸气末时将 PEEP 调为 0 cm H₂O (1 cm H₂O = 0.098 kPa),测定此次呼气量,与潮气量相减即为 PEEP 所增加的功能残气量(ΔFRC)^[5]。

用低流速法描记静态 P-V 曲线,描记过程中 PEEP 维持不变。将此静态 P-V 曲线沿容积轴上移 ΔFRC 。同法描记 0 cm H₂O PEEP(ZEEP)时静态 P-V 曲线,分别记录两条曲线压力在 20 cm H₂O 时的容积(V_{20}),两者之差即为肺复张容积^[6]。

肺复张容积 = $V_{20}(\text{PEEP}) + \Delta\text{FRC} - V_{20}(\text{ZEEP})$

1.2.4 监测指标及方法:①监测平均动脉血压(MAP)、心率(HR)等血流动力学指标。②用呼吸功能

监护仪监测气道峰压(PIP)、气道平台压(P_{plat})、平均气道压(P_m)等肺机械力学指标,并计算肺静态顺应性 $[\text{Cst}, \text{Cst} = \text{潮气量}/(P_{\text{plat}} - \text{PEEP})]$ 。③抽取动脉血,用血气分析仪测定动脉血氧分压(PaO_2)、动脉二氧化碳分压(PaCO_2)、血氧饱和度(SaO_2)等肺气体交换指标,并计算氧合指数($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$)。

1.2.5 试验观察与分组:PEEP 从 0 cm H₂O 逐渐增加,每次递增 5 cm H₂O,最高达 15 cm H₂O,其他通气条件同基础通气。每次改变 PEEP 后 20 min 以 P-V 曲线法测定肺复张容积,同时监测血流动力学、肺力学和肺气体参数。PEEP 水平的调整以随机数字表法随机调整。根据静态 P-V 曲线吸气支是否出现 LIP,将患者分为 LIP 组与无 LIP 两组。

1.2.6 试验条件:观察期间患者保持于仰卧位,持续静脉注射咪唑安定,间断静脉注射泮库溴铵,使患者处于镇静与肌肉松弛状态。输液速度保持恒定。

1.3 统计学方法:数据以均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,使用 SPSS 10.0 软件进行统计学处理。采用单因素方差分析;多个样本均数之间的两两比较采用 Student-Newman-Keuls 法;不同 PEEP 的肺复张容积采用 Wilcoxon 法比较;LIP 组与无 LIP 组复张容积的比较采用 t 检验。

2 结果

2.1 一般情况:11 例患者平均患病时间为(7.5 ± 6.9)d,急性肺损伤评分为(2.3 ± 0.4)分,急性生理学与慢性健康状况评分(APACHE II)为(19.0 ± 2.3)分。6 例患者存活,5 例死亡。11 例患者中静态 P-V 曲线上 4 例出现 LIP,7 例无 LIP。

2.2 PEEP 对肺复张容积和气体交换的影响:表 1 结果显示,随着 PEEP 水平的提高,肺复张容积明显增加(P 均 < 0.01)。不同 PEEP 时患者的 PaCO_2 无明显变化(P 均 > 0.05);而随着 PEEP 水平的提高,PEEP 10 和 15 cm H₂O 的 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 亦显著增高(P 均 < 0.05)。

表 1 PEEP 对 ARDS 患者肺复张容积和气体交换的影响($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Effect of PEEP on recruited volume and gas change in patients with ARDS($\bar{x} \pm s$)

PEEP (cm H ₂ O)	肺复张容积 (ml)	PaCO_2 (mm Hg)	$\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ (mm Hg)
0	...	43.9 ± 7.1	185.1 ± 90.8
5	40.2 ± 15.3	45.8 ± 6.5	209.5 ± 90.1
10	123.8 ± 43.1 [△]	47.7 ± 15.6	294.6 ± 137.7*
15	178.9 ± 43.5 [△]	42.6 ± 6.5	334.9 ± 124.4* [△]
F 值	20.50	0.570	4.305
P 值	0.000	0.638	0.010

注:与 PEEP 0 cm H₂O 比较;* $P < 0.05$;与 PEEP 5 cm H₂O 比较;[△] $P < 0.05$;1 mm Hg = 0.133 kPa

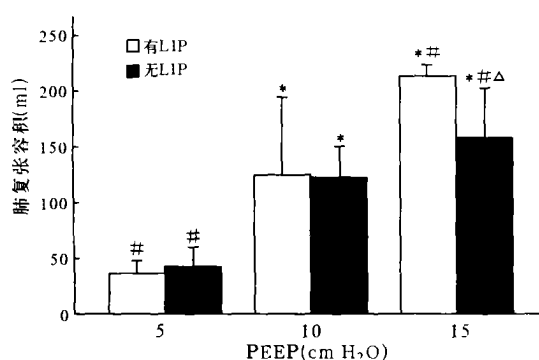
表 2 PEEP 对 ARDS 患者的肺力学与血流动力学的影响($\bar{x} \pm s, n=11$)Table 2 Effect of PEEP on pulmonary mechanics and hemodynamic in patients with ARDS($\bar{x} \pm s, n=11$)

PEEP(cm H ₂ O)	PIP(cm H ₂ O)	P _{plat} (cm H ₂ O)	P _m (cm H ₂ O)	Cst(ml/cm H ₂ O)	HR(次/min)	MAP(mm Hg)
0	18.9±5.8	13.7±6.7	4.6±1.6	42.7±23.7	104.0±23.6	78.4±16.6
5	23.4±6.6*	19.1±6.5*	9.8±1.9*	41.2±23.5	103.4±24.8	80.3±13.4
10	29.0±8.5*	24.6±7.9*	14.6±1.8*	43.7±31.4	104.8±22.7	76.3±13.4
15	34.8±9.2*	30.6±8.9*	19.6±2.1*	40.4±24.8	105.8±21.9	76.3±11.6
F 值	8.937	10.063	130.072	0.035	0.022	0.212
P 值	0.000	0.000	0.000	0.991	0.996	0.888

注:与 PEEP 0 cm H₂O 比较: * $P<0.01$

2.3 PEEP 对肺力学与血流动力学的影响(表 2): 随 PEEP 水平提高, ARDS 患者 PIP、P_{plat}、P_m 均明显增加(P 均 <0.01); Cst 无明显变化($P>0.05$); HR 与 MAP 亦无显著差异(P 均 >0.05)。

2.4 肺复张容积与氧合及 LIP 的关系(图 1): 随着 PEEP 水平的提高, 动脉氧合指数显著增加, 其变化与肺复张容积呈正相关($r=0.483, P<0.01$)。相同 PEEP 水平条件下, LIP 与无 LIP 两组患者的动脉氧合指数间无显著差异($P>0.05$)。



注:与 PEEP 5 cm H₂O 比较: * $P<0.05$; 与 10 cm H₂O 比较: # $P<0.05$; 与 LIP 组比较: Δ $P<0.05$

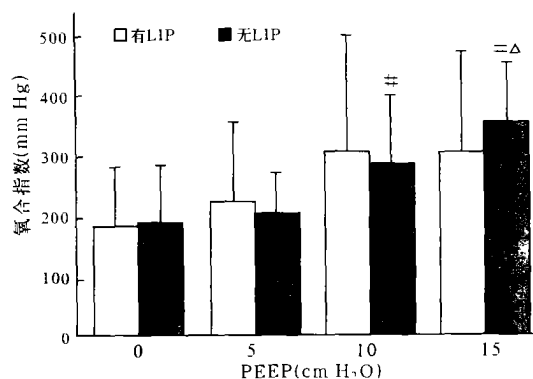
图 1 LIP 与无 LIP 组肺复张容积的变化

Figure 1 Comparison of lung recruited volume between LIP and non LIP groups

比较有、无 LIP 组患者不同 PEEP 水平时肺复张容积的变化, 图 2 结果表明, 随着 PEEP 水平的提高, 两组患者肺复张容积都明显增加(P 均 <0.05); 在 PEEP 5、10 cm H₂O 条件下, LIP 组与无 LIP 组患者的肺复张容积无明显差异($P>0.05$), PEEP 15 cm H₂O 时, LIP 组患者的肺复张容积明显高于无 LIP 组($P<0.05$)。

3 讨论

作为纠正 ARDS 低氧血症的重要手段, PEEP 在 ARDS 机械通气中应用已有几十年的时间^[7]。由于大量肺泡塌陷, 部分肺泡随呼吸反复塌陷、开放所造成的剪切力可加重肺损伤, 是呼吸机相关性肺损伤的机制之一^[8]。应用 PEEP 可复张塌陷的肺泡, 增



注:与 PEEP 5 cm H₂O 比较: * $P<0.05$;

与 10 cm H₂O 比较: # $P<0.05$

图 2 LIP 与无 LIP 组患者动脉氧合指数的变化

Figure 2 Comparison of PaO₂/FiO₂ between LIP and non LIP groups

加功能残气量和气体交换面积, 并减轻剪切力损伤。

获得最大的肺复张是 ARDS 机械通气中应用 PEEP 的主要目的。本研究采用 P-V 曲线法来测定不同 PEEP 的肺复张容积, 可直接评价 PEEP 的肺复张效应。结果显示, 随着 PEEP 水平的提高, 肺复张容积明显增加, 表明 PEEP 的肺复张效应与其水平有关。由于 ARDS 肺部病变不均一, 复张塌陷的肺泡并维持不同肺泡在呼气末保持开放所需的压力是不同的。因此, PEEP 水平越高, 所能复张的肺泡也就越多, 肺复张容积越大。

ARDS 机械通气治疗中如何选择 PEEP 目前尚无统一的标准。肺复张容积可指导 PEEP 的选择。有学者认为, ARDS 静态肺 P-V 曲线吸气支的 LIP 代表吸气时绝大部分肺泡开放, 因此把略高于 LIP 压力作为 PEEP 的选择标准^[9]。在本研究中, 当 LIP 组 ARDS 患者的 PEEP 高于 LIP 压力水平时, 肺复张容积仍有明显增加, 表明在 LIP 压力之上仍有大量肺复张的发生。

更值得注意的是, 并非所有的 ARDS 患者都会有 LIP 的出现。本组 11 例 ARDS 患者中有 7 例患者并没有 LIP。随着 PEEP 的增高, 无 LIP 患者, 肺复张容积也明显增加, 提示 LIP 并不能代表塌陷肺

泡的大量复张,临床上根据 LIP 来选择 PEEP 的做法可能并不合适,而直接根据肺复张效应的大小来调整 PEEP 的水平显然更为准确和客观。

LIP 虽然不能代表肺复张的程度,但其出现可能仍有一定的临床意义。PEEP 为 15 cm H₂O 水平时,LIP 组患者肺复张容积明显大于无 LIP 组,提示有 LIP 患者的塌陷肺泡可能更容易被 PEEP 所复张。以 Roubby 为首的研究小组利用 CT 法测定不同 ARDS 患者肺复张容积后发现,静态 P-V 曲线不出现 LIP 的患者,其不张的肺部病变分布局限,PEEP 的作用主要是使原先开放状态下的肺泡过度膨胀,复张效应较小,因此相同 PEEP 水平时其肺复张容积较小。而有 LIP 患者的肺部病变分布弥散,PEEP 主要为复张塌陷肺泡的作用,相同 PEEP 水平时其肺复张容积较大^[10-12]。因此,对于有或无 LIP 的 ARDS 患者,PEEP 的选择应有所不同。

肺泡复张是 PEEP 改善氧合的主要机制。本研究显示,随着 PEEP 水平的提高,肺复张容积增加的同时,患者的动脉氧合指数明显改善。而且动脉氧合指数的变化与肺复张容积呈正相关。在有与无 LIP 的两组患者中,随着 PEEP 水平的提高,动脉氧合指数均呈上升趋势,相同的 PEEP 水平,两组患者的动脉氧合指数之间并没有明显差异。进一步提示肺复张程度与 LIP 无明显联系。

近年来有研究认为,可根据肺顺应性的变化选择 PEEP^[13]。但是在本研究中发现,在潮气量不变的情况下,患者静态顺应性并没有随着 PEEP 的改变而明显变化,这与 Mergoni 等^[14]试验结果相同。因此可以认为,根据肺顺应性的变化来选择 PEEP 并不可行。肺复张容积明显增加的同时,静态肺顺应性却没有明显变化,可能与 PEEP 在复张塌陷肺泡的同时,也造成原先开放状态下的肺泡过度膨胀有关,肺泡过度膨胀反而会降低肺顺应性。

尽管 PEEP 水平越高,肺复张容积越大,但患者的气道压力也会增加。在 PEEP 为 15 cm H₂O 时,患者的 PIP 已经接近 35 cm H₂O,而在此压力下容易发生气压伤。另外,由于本研究中只观察了 3 个水平 PEEP 肺复张容积的变化,如果随着 PEEP 增高而肺复张容积不再有明显增加,则没有必要选择更高的 PEEP,选择肺复张容积有大幅度增加的 PEEP 可能较为合适。

总之,促进塌陷肺泡复张是 ARDS 机械通气治疗的目标之一,而本次临床研究进一步提示了以 LIP 来选择 PEEP 可能并不恰当,而通过测定肺复

张容积来选择 PEEP 会更为合适。

参考文献:

- Burchanli H. New strategies in mechanical ventilation for acute lung injury[J]. Eur Respir J, 1996, 9: 1063-1072.
- Bernard G R, Artigas A, Brigham K L, et al. The American - European consensus conference on ARDS: definitions, mechanisms, relevant outcome, and clinical trial coordination[J]. Am J Respir Crit Care Med, 1994, 149: 818-824.
- 郭凤梅, 邱海波, 谭焰, 等. 低流速法测定急性呼吸窘迫综合征静态肺压力容积曲线的比较性实验研究[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2001, 24: 728-731.
- 邱海波, 韩扣兰, 谭焰, 等. 控制性肺膨胀对急性呼吸窘迫综合征肺静态顺应性曲线低位转折点的影响[J]. 中国危重病急救医学, 2002, 14: 540-542.
- Gattinoni L, Peolsi P, Suter P M, et al. Acute respiratory distress syndrome caused by pulmonary and extrapulmonary disease, different syndromes[J]. Am J Respir Crit Care Med, 1998, 158: 3-11.
- Ranieri V M, Eissa N T, Corbeil C, et al. Effects of positive end-expiratory pressure on alveolar recruitment and gas exchange in patients with the adult respiratory distress syndrome[J]. Am Rev Respir Dis, 1991, 145: 355-360.
- Ashbaugh D G, Bigelow D B, Petty T L, et al. Acute respiratory disease in adult[J]. Lancet, 1967, 2: 319-323.
- Muscledere J G, Mullen J B, Gan K, et al. Tidal ventilation at lower airway pressures can augment lung injury[J]. Am J Respir Crit Care Med, 1994, 149: 1327-1334.
- Falke K J, Pontoppidan H, Kumar A, et al. Ventilation with end-expiratory pressure in acute lung disease[J]. J Clin Invest, 1972, 51: 2315-2323.
- Puybasset L, Cluzel P, Gusman P, et al. Regional distribution of gas and tissue in acute respiratory distress syndrome - part 1: consequence for lung morphology[J]. Intensive Care Med, 2000, 26: 857-869.
- Roubby J J, Puybasset L, Cluzel P, et al. Regional distribution of gas and tissue in acute respiratory distress syndrome - part 2: physiology correlations and definition of an ARDS severity score [J]. Intensive Care Med, 2000, 26: 1046-1056.
- Puybasset L, Muller J C, Cluzel P, et al. Regional distribution of gas and tissue in acute respiratory distress syndrome - part 3: consequences on the effects of positive end-expiratory pressure [J]. Intensive Care Med, 2000, 26: 1215-1227.
- Jonson B, Richard J C, Straus C, et al. Pressure - volume curve and compliance in acute lung injury: evidence of recruitment above the lower inflection point[J]. Am J Respir Crit Care Med, 1999, 159: 1172-1178.
- Mergoni M, Volpi A, Bricchi C, et al. Lower inflection point and recruitment with PEEP in ventilated patients with acute respiratory failure[J]. J Appl Physiol, 2001, 91: 441-450.

(收稿日期: 2004-03-13 修回日期: 2004-05-16)

(本文编辑: 李银平)

• 广告目次 •

- ①深圳迈瑞: 迈瑞监护@ICU (封二, 插页)
- ②成都地奥: 替波定 (插页)
- ③廊坊爱尔: 炭肾 (插页)
- ④珠海丽珠: 丽珠血液灌流器 (插页)
- ⑤北京谊安: 呼吸机系列 (插页)
- ⑥天津红日: 血必净 (插页)
- ⑦伟康医疗: BiPAP Vision 呼吸机 (封三)
- ⑧北京四环医药: 苏诺 (封底)