

• 论著 •

急性呼吸窘迫综合征绵羊肺复张容积测定方法的比较

许红阳 邱海波 杨毅 周韶霞 孙辉明 陈永铭

【摘要】 目的 比较压力-容积(P-V)曲线法与等压法测定肺复张容积的差异。**方法** 内毒素持续静脉注射复制绵羊急性呼吸窘迫综合征模型,分别用P-V曲线法与等压法测定相同呼气末正压(PEEP)的肺复张容积。**结果** 等压法测定肺复张容积可以立即得出结果;而P-V曲线法测定肺复张容积所需时间为5~6 min。随着PEEP从5 cm H₂O (1 cm H₂O=0.098 kPa)增至15 cm H₂O,两种方法测定的肺复张容积均显著增加(P 均 <0.05);PEEP为5 cm H₂O时,等压法与P-V曲线法所测的肺复张容积分别为 (25.79 ± 20.48) ml和 (63.26 ± 54.57) ml,两组比较无明显差异($P>0.05$);当PEEP为10和15 cm H₂O时,等压法所测肺复张容积分别为 (48.64 ± 30.51) ml、 (71.50 ± 58.09) ml,P-V曲线法测得肺复张容积分别为 (148.14 ± 85.42) ml、 (322.86 ± 148.42) ml,等压法所测值明显小于P-V曲线所测值(P 均 <0.05)。**结论** 虽然等压法较为简便,但由于准确性较差,因此不能代替P-V曲线法来测定肺复张容积。

【关键词】 呼吸窘迫综合征;急性;肺复张容积;压力-容积曲线;呼气末正压

中图分类号: R563.8;R605.973 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0603(2004)07-0413-04

A comparison study on quantitative methods for the recruited volume in sheep with acute respiratory distress syndrome XU Hong - yang, QIU Hai - bo, YANG Yi, ZHOU Shao - xia, SUN Hui - ming, CHEN Yong - ming. Department of Critical Care Medicine, Zhongda Hospital and School of Clinical Medicine, Southeast University, Nanjing 210009, Jiangsu, China

【Abstract】 Objective To compare equal pressure method with pressure - volume curve method to quantify the recruited volume. **Methods** Acute respiratory distress syndrome sheep model was induced by intravenous infusion 3 μ g/kg lipopolysaccharide(LPS). Recruited volume of three different levels of positive end - expiratory pressure (PEEP = 5, 10, 15 cm H₂O) were measured both by pressure - volume curve method and by equal pressure method. **Results** The time needed to measure recruited volume by pressure - volume curve method was 5 - 6 minutes, which was longer than that of equal pressure method. Recruited volume measured by the two methods increased with PEEP. No significant difference was found between the recruited volume measured by equal pressure method and by equal pressure method at PEEP of 5 cm H₂O, they were (25.79 ± 20.48) ml vs. (63.26 ± 54.57) ml ($P>0.05$), while recruited volume at PEEP of 10 cm H₂O and 15 cm H₂O measured by equal pressure method were lower than those measured by the pressure - volume curve method, they were (48.64 ± 30.51) ml vs. (148.14 ± 85.42) ml and (71.50 ± 58.09) ml vs. (322.86 ± 148.42) ml (all $P<0.05$) respectively. **Conclusion** Though equal pressure method is simple, it could not take the place of pressure - volume curve method to quantify recruited volume.

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

CLC number: R563.8;R605.973 **Document code:** A **Article ID:** 1003-0603(2004)07-0413-04

大量的肺泡塌陷、肺容积明显减少是急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)的重要病理生理特点。而应用呼气末正压(positive end - expiratory pressure, PEEP)可以维持塌陷的肺泡在呼气末处于开放状态,增加肺容积^[1]。PEEP的肺复张效应可以通过测定肺复张容积来定量评价^[2]。肺复张容积一般采用经典的压力-

容积(P-V)曲线法测定,但该方法相对繁琐,目前主要用于实验研究中。最近有学者提出了相对简单的等压法,但与经典的P-V曲线法相比,等压法的准确性如何尚不清楚。本实验即以ARDS绵羊为研究对象,分别用P-V曲线法和等压法测定PEEP相同的肺复张容积,探讨等压法的准确性和实用性。

1 材料和方法

1.1 材料:新西兰考力代绵羊18只,雄性,平均体重 (32 ± 5) kg,东南大学医学院实验动物中心提供。内毒素(LPS, E. Coli, O127:B8, 批号:12K4083)购自美国Sigma公司。

1.2 ARDS动物模型制备:绵羊称重后,给予氯胺酮(100 mg)、东莨菪碱(0.3 mg)肌肉注射,仰卧位

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:许红阳(1975-),男(汉族),江苏省宿迁人,硕士研究生,主要研究方向为ARDS肺复张及其影响因素。

固定。用质量分数为 2% 的利多卡因局部麻醉后,气管切开,置入直径 7.5 mm 的气管插管,接 Evita 4 呼吸机(德国 Dräger 公司)。容量控制通气,基础通气的条件设为:潮气量 10 ml/kg, PEEP 0 cm H₂O (1 cm H₂O = 0.098 kPa),呼吸频率为 20 次/min,吸气时间设定为 25%,吸气暂停时间为 5%,吸氧浓度 (FiO₂) 0.50。

经绵羊右颈内静脉置入肺动脉漂浮导管 (7F, 美国 Arrow 公司),连接压力传感器和心排插件,并与监护仪 (S1500 型, Spacelab 公司) 连接。随后将 LPS 3 μg/kg 于 30 min 内均匀静脉注射。注射 LPS 3 h 内达到 ARDS 诊断标准的动物进入实验组。ARDS 的诊断标准为:急性起病,氧合指数 (PaO₂/FiO₂) ≤ 200 mm Hg (1 mm Hg = 0.133 kPa),肺动脉嵌顿压 (PAWP) ≤ 18 mm Hg^[3]。

1.3 P-V 曲线法测定肺复张容积

1.3.1 应用延长呼气法测定 PEEP 增加的功能残气量 (ΔFRC):将绵羊呼吸次数从 20 次/min 减至 6 次/min,从而延长呼气时间至 9 s。在一次吸气末将 PEEP 撤去保证在 0 (ZEEP),测定此次呼气量,与吸气潮气量的差值即为 ΔFRC。

1.3.2 低流速法描记静态 P-V 曲线^[4]:描计过程中 PEEP 维持不变,将此静态肺 P-V 曲线沿容积轴上移 ΔFRC 的距离。同样低流速法描记 ZEEP 的静态肺 P-V 曲线,比较调整后的 PEEP 与 ZEEP 的曲线在 20 cm H₂O 时的容积 (V₂₀),其差值即为相应 PEEP 的肺复张容积^[5]。

肺复张容积 = V₂₀(PEEP) + ΔFRC - V₂₀(ZEEP)

1.4 等压法测定肺复张容积:测定时通气模式为双水平气道正压 (BIPAP) 通气,高压为 20 cm H₂O,高压时间为 6 s, PEEP 为 0,低压时间为 4 s, FiO₂ 为 0.50。稳定 20 min 后,将呼吸次数从 6 次/min 减至 2 次/min,从而延长呼气时间,保障呼气完全,测定此次呼气量,记为 ZEEP 的呼气量。恢复呼吸频率为 6 次/min,其余条件不变,只改变 PEEP 的水平继续行机械通气,20 min 后再将呼吸次数从 6 次/min 减至 2 次/min,延长呼气时间,在吸气末将 PEEP 撤去,测定此次呼气量。与 ZEEP 时的呼气量相比,其差值即为相应 PEEP 的肺复张容积^[6]。

1.5 实验观察:分别采用等压法和 P-V 曲线法测定 PEEP 为 5、10 和 15 cm H₂O 时的肺复张容积。不同 PEEP 水平的调整采用随机数字表法随机调整。每次 PEEP 调整后间隔 20 min 测定肺复张容积,以利于肺泡的稳定。分别记录等压法与 P-V 曲线法

测定肺复张容积所需的时间。

1.6 实验条件:观察期间持续静脉注射 γ-羟基丁酸钠 (2.5 g/h),间断静脉给予泮库溴铵 (1 mg/h),使绵羊处于全麻和肌松状态。输液速度保持恒定。

1.7 统计学处理:数据以均值 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,统计学处理采用 SPSS 10.0 软件,制模前后数据的变化采用 *t* 检验,两种方法所测的肺复张容积比较采用 Wilcoxon 秩和检验。

2 结果

2.1 一般情况:18 只绵羊中有 14 只在静脉注入 LPS 后 3 h 内达到 ARDS 诊断标准,进入实验组。模型组绵羊的氧合指数为 (146.2 ± 32.1) mm Hg, PAWP 为 (6.21 ± 2.75) mm Hg。与制模前相比,模型成功时绵羊的血流动力学如心率 (HR)、平均动脉压 (MAP)、中心静脉压 (CVP)、PAWP、动脉二氧化碳分压 (PaCO₂) 均无明显变化 (*P* 均 > 0.05),而动脉氧分压 (PaO₂)、静态肺顺应性 (Cst) 明显降低,平均气道压 (P_m)、气道平台压 (P_{plat})、最大吸气压 (PIP) 均明显增加 (*P* 均 < 0.05)。见表 1。

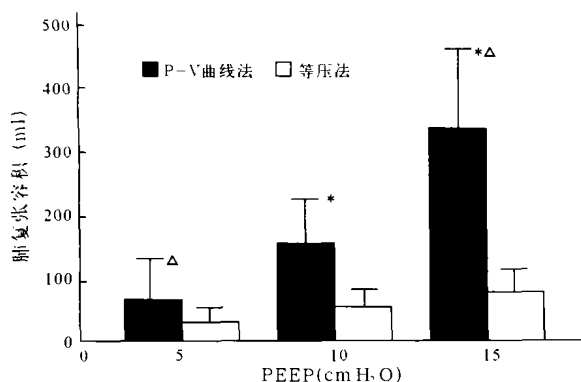
表 1 注射 LPS 前后绵羊血流动力学和肺力学的变化 ($\bar{x} \pm s, n = 14$)

Table 1 Change of hemodynamics and lung mechanics in sheep pre - post LPS infusion ($\bar{x} \pm s, n = 14$)

项目	注射 LPS 前	制模成功时	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
HR (次/min)	138.50 ± 13.20	131.58 ± 19.58	0.640	0.528
MAP (mm Hg)	112.93 ± 5.68	109.25 ± 5.49	1.572	0.129
CVP (mm Hg)	5.71 ± 2.36	5.92 ± 2.36	0.061	0.952
PAWP (mm Hg)	6.64 ± 1.66	6.41 ± 2.75	0.385	0.704
PaO ₂ (mm Hg)	210.31 ± 41.70	72.96 ± 16.05*	15.600	0.000
PaCO ₂ (mm Hg)	33.91 ± 5.17	34.30 ± 5.15	0.410	0.679
P _m (cm H ₂ O)	3.73 ± 0.85	4.30 ± 1.14*	2.170	0.045
P _{plat} (cm H ₂ O)	11.36 ± 2.29	14.52 ± 4.23*	3.290	0.003
PIP (cm H ₂ O)	15.17 ± 3.21	17.85 ± 5.71*	4.950	0.000
Cst (ml/cm H ₂ O)	31.64 ± 10.46	19.42 ± 3.17*	2.099	0.002

注:与注射 LPS 前比较: * *P* < 0.05, * *P* < 0.01

2.2 肺复张容积测定 (图 1): PEEP 从 5 cm H₂O 增至 15 cm H₂O,两种方法测定的肺复张容积都明显增加 (*P* 均 < 0.05)。PEEP 5 cm H₂O 时,等压法测定得肺复张容积为 (25.79 ± 20.48) ml; P-V 曲线法测得肺复张容积为 (63.26 ± 54.57) ml,两组间无明显差异 (*P* > 0.05)。PEEP 10 和 15 cm H₂O 时,等压法测得肺复张容积分别为 (48.64 ± 30.51) ml 和 (71.50 ± 58.09) ml; 而 P-V 曲线法测得的肺复张容积分别为 (148.14 ± 85.42) ml 和 (322.86 ± 148.42) ml。结果显示,等压法测得的肺复张容积明显低于 P-V 曲线法所测的结果 (*P* < 0.05)。



注:与 PEEP 5 cm H₂O 比较: * $P < 0.05$;

与 PEEP 10 cm H₂O 比较: Δ $P < 0.05$

图 1 不同方法测定的肺复张容积($n=14$)

Figure 1 Compared recruited volume with equal pressure method and pressure-volume curve method($n=14$)

2.3 两种方法的测定时间:等压法在测定呼气量后可立刻得出结果;而 P-V 曲线法测定每个 PEEP 水平的肺复张容积需 5~6 min。

3 讨论

大量肺泡塌陷、肺容积明显减少是 ARDS 的重要病理生理特征。ARDS 治疗中应用 PEEP 的主要目的是复张塌陷肺泡,增加肺容积。通过测定肺复张容积可以定量评价 PEEP 的复张效应,并指导临床 ARDS 患者行机械通气时 PEEP 水平的调整。因此,测定 PEEP 的肺复张容积具有一定的意义。

用 P-V 曲线法测定 PEEP 的肺复张容积最早由 Ranieri 于 1991 年提出。除了影像学方法以外,目前很多研究都利用静态 P-V 曲线来测定 PEEP 的肺复张容积^[7],P-V 曲线法已成为一种经典的测定肺复张容积的方法。

本研究表明,与经典的 P-V 曲线法相比,等压法比较简便。首先,等压法过程简单,容易实施,测定时只需将呼吸机模式设置为 BIPAP,在一次吸气末撤去 PEEP,记录此次呼气量,与 ZEEP 时的呼气量比较后即可得出结果,整个测定过程在呼吸机上易于操作,实施简单方便;而 P-V 曲线法测定肺复张容积的过程较为复杂,步骤较多,记录的数据相对较多,工作量较大。再者,等压法所需的时间远远短于 P-V 曲线法,由于等压法只需测定 1 个数据,时间较短;而在 P-V 曲线法中,由于测定步骤较多,测定的时间因而延长,其中最重要的一步是静态 P-V 曲线的获取,描记时较常应用的方法有大注射器法、气道闭合法和低流速法,低流速法与其他两种方法相比准确安全,方便省时,而且易于实施^[4]。本实验中尽管采用了较简便的低流速法来描记 P-V 曲

线,但由于需要对静态 P-V 曲线结果重新调整,因此 P-V 曲线法测定肺复张容积所需的时间仍然长于等压法。

尽管等压法比 P-V 曲线法简便,但等压法测定的准确性是影响其应用的关键因素,可行性必须考虑准确性。本实验结果显示,除 PEEP 5 cm H₂O 组外,用等压法所测得的肺复张容积明显低于 P-V 曲线法。虽然 PEEP 为 5 cm H₂O 时两种方法所测得结果无统计学差异,但从数值上比较,等压法所测的结果小于 P-V 曲线法组。本实验结果未能证实等压法的准确性,提示等压法测定的肺复张容积不能准确反映 PEEP 的复张效应,因此,等压法不能替代 P-V 曲线法测定肺复张容积。

等压法测定的肺复张容积普遍低于 P-V 曲线法可能有以下几个原因。首先,有研究报道,在相同的 PEEP 条件下,潮气量对肺复张容积有影响,潮气量越大肺复张容积越大^[8]。等压法采取 BIPAP 的通气模式,该模式通气时高压与低压的差值是决定潮气量大小的关键因素,随着 PEEP 水平的增加,高压与低压的差值会明显减少,导致潮气量也因此而减少,从而可能影响肺复张容积。再者,等压法测定过程中未考虑到气道 P_{plat} 变化对肺复张容积的影响,由于 ARDS 的病变具有不均一特点,不同的塌陷肺泡复张所需的压力并不相同,相同 PEEP 水平越高肺复张容积越大^[9]。采用等压法测定肺复张容积时 BIPAP 的高压始终维持在 20 cm H₂O;而在 P-V 曲线法的测定中所采用的是容量控制通气,随着 PEEP 的增加, P_{plat} 也会随之增加,因此,随着 PEEP 的增加,P-V 曲线法测定的肺复张容积高于等压法的结果。另外,Mergoni 在测定撤去 PEEP 时的呼气量时,将患者与呼吸机管路断开,由呼吸速度描记器来监测呼气流速,并计算出呼气量。而在本实验中,由于流量监测仪需与呼吸机管路相连,并未将动物与呼吸机管路断开,呼气流速可能会受到呼吸机管路阻力的影响。但本次测定过程中延长了呼气时间,以保证呼气完全,因此,呼气量受到管路阻力影响的可能不大。未考虑到肺复张容积的影响因素可能是导致等压法所测结果不准确的主要原因。

总之,等压法虽然具有简便、省时的优点,但由于与 P-V 曲线法相比准确性较差,因此等压法尚不能代替 P-V 曲线来测定肺复张容积。除了利用影像学方法外^[10],目前利用静态肺 P-V 曲线来测定 PEEP 的肺复张容积,并应用于临床与实验研究中是可行的。

参考文献:

- 1 Dreyfuss D, Saumon G. Ventilator-induced lung injury lessons from experimental studies[J]. Am J Respir Crit Care Med, 1998, 157:294-323.
- 2 Katz J A, Ozanne G M, Zinn S E, et al. Time course and mechanism of lung-volume increase with PEEP in acute pulmonary failure[J]. Anesthesiology, 1981, 54:9-16.
- 3 郭凤梅, 邱海波, 周郁霞, 等. 急性呼吸窘迫综合征绵羊模型的建立[J]. 中国危重病急救医学, 2001, 13:95-98.
- 4 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.
- 5 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.
- 6 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.
- 7 Koutsoukou A, Bekos B, Sotiropoulou C, et al. Effects of positive end-expiratory pressure on gas exchange and expiratory flow limitation in adult respiratory distress syndrome [J]. Crit Care Med, 2002, 30:1941-1949.
- 8 Richard J C, Maggiore S M, Jonson B, et al. Influence of tidal volume on alveolar recruitment; respective role of PEEP and a recruitment maneuver [J]. Am J Respir Crit Care, 2001, 163:1609-1613.
- 9 Richard J C, Brochard L, Vandelet P, et al. Respective effects of end-expiratory and end-inspiratory pressures on alveolar recruitment in acute lung injury [J]. Crit Care Med, 2003, 31:89-92.
- 10 Puybasset L, Cluzel P, Chao N, et al. A computed tomography scan assessment of regional lung volume in acute lung injury [J]. Am J Respir Crit Care, 1998, 158:1644-1655.

(收稿日期:2004-01-20 修回日期:2004-04-28)

(本文编辑:李银平)

• 经验交流 •

气管导管远端中心气道狭窄的原因及插管扩张成形

徐思成 黄亦芬

【关键词】 气道狭窄; 气管导管; 扩张成形方法; 气管插管

中图分类号:R605.973 文献标识码:B 文章编号:1003-0603(2004)07-0416-01

气管导管远端气道狭窄是人工气道的并发症之一,既往需要手术治疗或根本无法治疗。近年,随着支气管腔内介入治疗的不断发展,借助支气管镜下介入治疗可得到临床治愈^[1],但目前这一技术尚不能普及,而且费用昂贵。我们借助气管插管扩张 4 例气管导管远端狭窄的患者,收效明显,现总结如下。

1 临床资料

4 例气道狭窄患者中男性 3 例,女性 1 例;年龄分别为 46、62、71 和 75 岁;重症肌无力 2 例(1 例为胸腺瘤术后,另 1 例既往气管切开 1 次),重症肺炎合并脑梗死、假性球麻痹各 1 例。4 例患者均因发生急性呼吸衰竭而行气管切开后有创通气治疗,1 个月后发现严重吸气性呼吸困难体征,气道压力超过预设值(50 cm H₂O, 1 cm H₂O = 0.098 kPa),吸痰后不缓解;2 例细吸痰管不能通过狭窄部位,紧急纤维支气管镜检查见导管远端气道壁上存在不同程度的狭窄,

最重的 1 例气管内径为 7.0~9.0 mm,被残缺黏膜、新鲜肉芽组织及痰液、痰痂覆盖,还可见少量纤维瘢痕。在支气管镜下吸出痰液、痰痂,选择内径为 8.0 mm 或 8.5 mm 气管插管在切开处插入,替代气管导管,越过狭窄部位使高压气囊与狭窄部位接触,固定后给高压气囊充气使压力增大。在机械通气中湿化气道(总量 200~300 ml/d)、吸痰保持气道压力不超过预设值。15 d 后重新改为气管导管,3 例未见吸气性呼吸困难体征,1 例择期施行气管支架治疗,效果满意。2 例治愈出院,2 例死于感染性休克、拔管后痰液窒息。通气时间 75~92 d。

2 讨论

气管导管远端狭窄通常由机械性因素造成黏膜损伤后形成,包括:①吸痰负压太大;②湿化不够,黏膜干燥,吸痰时往往容易出血;③气管导管固定不牢,脱落导致窒息,导管在气道内活动、摩擦、损伤气道黏膜;④呼吸机硅胶管位置不佳引起气管导管歪斜,甚至导管远端口顶在气道壁上,造成气道损伤,有的形成气管-食管漏;⑤既往有气管切开史,容易在切开处或远端形成狭窄。另外,医务人员对这种机械性因素的损伤作用不

够重视,也是长期保留人工气道患者形成气道狭窄的医源性因素之一。

一旦诊断为气道狭窄,应紧急用纤维支气管镜吸引清除痰液、痰痂、血凝块和异物等,能够紧急缓解气道狭窄^[2],不至于出现致命性损害。根据狭窄程度选择内径合适的气管插管(一般选择内径较粗的插管,如 8.0 mm 或 8.5 mm)取代气管导管,插入深度以高压气囊恰好位于狭窄部位为宜,高压气囊压力较高,能机械性扩张狭窄的气道,保持一定时间后,纤维瘢痕环已被扩张成形,不会再次引起狭窄而起到治疗作用。对于严重气道狭窄患者可以考虑择期行气管支架治疗。本方法仅适用于良性狭窄患者,取代气管导管时要保证插管远端距隆突部位 1~2 cm。

参考文献:

- 1 Udaya B S. Advances in bronchoscopic procedures [J]. Chest, 1999, 116:1403-1408.
- 2 俞森洋,主编.危重病监护治疗学[M].北京:北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社,1996. 21-23.

(收稿日期:2004-01-18)

修回日期:2004-04-26)

(本文编辑:李银平)

作者单位:830000 新疆医科大学第一临床医学院呼吸科 MICU

作者简介:徐思成(1968-),男(汉族),江苏省沛县人,医学硕士,主治医师。