

• 论著 •

跨肺压导向急性呼吸窘迫综合征患者
最佳呼气末正压选择的临床研究

吴晓燕 庄志清 郑瑞强 林华 张敏 颜培夏

225001 江苏扬州, 江苏省苏北人民医院重症医学科

通讯作者: 郑瑞强, Email: 13952721411@163.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.09.007

【摘要】 目的 探讨早期急性呼吸窘迫综合征(ARDS)患者采用跨肺压法选择最佳呼气末正压(PEEP)的可行性。**方法** 采用前瞻性随机自身对照研究方法。选择 2013 年 12 月至 2015 年 12 月江苏省苏北人民医院外科重症加强治疗病房(ICU)收治的需行机械通气的早期(发病 ≤ 3 d)ARDS 患者。充分肺复张后,调整 PEEP 至 30 cmH₂O (1 cmH₂O=0.098 kPa),每 5 min 降低 3 cmH₂O,直至降为 0,在 PEEP 递减过程中分别采用跨肺压法、最小死腔分数法、最大顺应性法、最佳氧合法选择最佳 PEEP,观察最佳 PEEP 对呼吸力学及气体交换的影响。**结果** 共纳入 28 例 ARDS 患者,男性 17 例,女性 11 例;年龄(45 $\pm$ 12)岁;急性生理学与慢性健康状况评分系统 II (APACHE II)评分(21 $\pm$ 9)分;氧合指数(PaO₂/FiO₂)为(165 $\pm$ 76)mmHg (1 mmHg=0.133 kPa)。① 在 PEEP 递减过程中,跨肺压(Ptp)逐渐下降,PEEP 为(9.6 $\pm$ 2.3)cmH₂O 时呼气末跨肺压(Ptp-e)>0,为(1.3 $\pm$ 0.3)cmH₂O;而肺静态顺应性(Cst)先逐步改善后有所降低,PEEP 为(11.5 $\pm$ 2.4)cmH₂O 时 Cst 最大,为(50 $\pm$ 8)mL/cmH₂O。PEEP 为(18.0 $\pm$ 2.5)cmH₂O 时 PaO₂/FiO₂ 最高,为(312 $\pm$ 99)mmHg;与 Ptp-e 3.00~5.99 cmH₂O 比较,Ptp-e<0 时 PaO₂/FiO₂ 显著降低(均 $P<0.05$)。PEEP 为(10.1 $\pm$ 2.2)cmH₂O 时死腔分数(V_D/V_T)降至最低,为 0.52 $\pm$ 0.05;与吸气末跨肺压(Ptp-i)0~2.99 cmH₂O 时比较,Ptp-i $\geq$ 15 cmH₂O 时 V_D/V_T 显著增加(均 $P<0.05$)。② 跨肺压法、最小死腔分数法和最大顺应性法选择的最佳 PEEP、Ptp-i、Ptp-e 差异均无统计学意义(均 $P>0.05$),但均明显低于最佳氧合法(均 $P<0.05$)。跨肺压法、最小死腔分数法和最大顺应性法选择最佳 PEEP 时的 Cst 较基础状态和最佳氧合法显著改善(mL/cmH₂O: 46 $\pm$ 7、47 $\pm$ 9、50 $\pm$ 8 比 30 $\pm$ 8 和 35 $\pm$ 10,均 $P<0.05$)。跨肺压法、最小死腔分数法 PaO₂/FiO₂ (mmHg)均高于基础状态(252 $\pm$ 86、258 $\pm$ 72 比 165 $\pm$ 76,均 $P<0.05$),但明显低于最佳氧合法(312 $\pm$ 99,均 $P<0.05$),而与最大顺应性法(268 $\pm$ 85)相比差异无统计学意义(均 $P>0.05$)。跨肺压法和最小死腔分数法 V_D/V_T 较基础状态和最佳氧合法明显下降(0.53 $\pm$ 0.05、0.52 $\pm$ 0.05 比 0.59 $\pm$ 0.05、0.58 $\pm$ 0.04,均 $P<0.05$)。**结论** ARDS 机械通气患者早期采用跨肺压法选择最佳 PEEP,既能促进塌陷肺泡复张,改善氧合和肺顺应性,又不会导致肺泡过度膨胀。

【关键词】 跨肺压; 食道压; 呼气末正压; 急性呼吸窘迫综合征; 死腔**基金项目:** 江苏省扬州市社会发展科技攻关项目(2012133)**Transpulmonary pressure guided optimal positive end-expiratory pressure selection in patients with acute respiratory distress syndrome** Wu Xiaoyan, Zhuang Zhiqing, Zheng Ruiqiang, Lin Hua, Zhang Min, Yan Peixia

Department of Critical Care Medicine, Jiangsu Provincial Subei People's Hospital, Yangzhou 225001, Jiangsu, China

Corresponding author: Zheng Ruiqiang, Email: 13952721411@163.com

【Abstract】 Objective To evaluate the value of transpulmonary pressure (Ptp) guided optimal positive end-expiratory pressure (PEEP) selection in patients with early acute respiratory distress syndrome (ARDS). **Methods** A prospective randomized self-control study was conducted. ARDS patients in the early stage (onset ≤ 3 days) undergoing intubation and mechanical ventilation admitted to intensive care unit (ICU) of Jiangsu Provincial Subei People's Hospital from December 2013 to December 2015 were enrolled. The PEEP level was regulated to 30 cmH₂O (1 cmH₂O = 0.098 kPa) after recruitment maneuver, and then it was gradually decreased to 0 with lowering by 3 cmH₂O every 5 minutes. The optimal PEEP was titrated by Ptp, lowest dead space fraction (V_D/V_T), highest static lung compliance (Cst), and optimal oxygenation, respectively. Parameters of respiratory mechanics and gas exchange were observed. **Results** Totally 28 patients with ARDS (including 17 male and 11 female) were included with the average age of (45 $\pm$ 12) years old, acute physiology and chronic health evaluation II (APACHE II) score was 21 $\pm$ 9, oxygenation index (PaO₂/FiO₂) was (165 $\pm$ 76) mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa). ① During decremental PEEP titration, Ptp was gradually decreased, and expiratory Ptp (Ptp-e) was more than zero [(1.3 $\pm$ 0.3) cmH₂O] when

PEEP was (9.6 ± 2.3) cmH₂O. Cst was initially improved until reaching a peak, and then deteriorated. Cst was highest $[(50 \pm 8)$ mL/cmH₂O] when PEEP was (11.5 ± 2.4) cmH₂O. PaO₂/FiO₂ reached the maximum $[(312 \pm 99)$ mmHg] at PEEP level of (18.0 ± 2.5) cmH₂O. Compared with Ptp-e 3.00–5.99 cmH₂O, PaO₂/FiO₂ was significantly decreased when Ptp-e became negative (all $P < 0.05$). V_D/V_T was lowest (0.52 ± 0.05) when PEEP was (10.1 ± 2.2) cmH₂O. When compared with ventilation [inspiratory Ptp (Ptp-i) 0–2.99 cmH₂O], it was significantly higher during high (Ptp-i ≥ 15 cmH₂O, all $P < 0.05$). ② There were no statistically significant differences in the levels of optimal PEEP, Ptp-i and Ptp-e among Ptp, lowest V_D/V_T and highest Cst methods (all $P > 0.05$), but they were significantly less than optimal oxygenation method (all $P < 0.05$). Compared with baseline and the method of optimal oxygenation, Cst in other three PEEP titration methods including Ptp, lowest V_D/V_T and highest Cst was improved obviously (mL/cmH₂O: 46 ± 7 , 47 ± 9 , 50 ± 8 vs. 30 ± 8 , 35 ± 10 , all $P < 0.05$). PaO₂/FiO₂ (mmHg) in the method of Ptp and lowest V_D/V_T were higher than the baseline (252 ± 86 , 258 ± 72 vs. 165 ± 76 , both $P < 0.05$), but significantly lower than that of optimal oxygenation method (312 ± 99 , both $P < 0.05$), and did not significantly differ from that of highest Cst (268 ± 85 , both $P > 0.05$). Compared with baseline and the method of optimal oxygenation, V_D/V_T improved significantly in ventilated patients on PEEP targeting with Ptp and lowest V_D/V_T (0.53 ± 0.05 , 0.52 ± 0.05 vs. 0.59 ± 0.05 , 0.58 ± 0.04 , all $P < 0.05$). **Conclusion** Titration the optimal PEEP level with the method of Ptp could promote collapse alveolar recruitment, improve oxygenation and lung compliance, decrease dead space ventilation, and will not cause alveolar excessive inflation in patients who undergoing mechanical ventilation with early ARDS.

【Key words】 Transpulmonary pressure; Esophageal pressure; Positive end-expiratory pressure; Acute respiratory distress syndrome; Dead space

Fund program: Science and Technology Key Project of Social Development of Yangzhou in Jiangsu Province (2012133)

应用呼气末正压(PEEP)是治疗急性呼吸窘迫综合征(ARDS)最重要的措施之一,但 PEEP 过高或过低都可引起肺泡过度膨胀或塌陷,导致呼吸机相关性肺损伤(VILI),而合适的 PEEP 是促进塌陷肺泡复张及改善顽固性低氧血症的重要手段,因此如何选择最佳 PEEP 一直是临床关注的焦点。跨肺压(Ptp)为肺泡内压与胸腔内压的差值,是扩张肺组织的压力^[1]。在呼气末应用 Ptp 来指导 PEEP 选择,可防止肺泡塌陷;在吸气末监测 Ptp 可防止肺泡过度膨胀,从而对肺脏起到保护作用。本研究通过比较采用跨肺压法、最佳氧合法、最大顺应性法和最小死腔分数法 4 种方法选择的最佳 PEEP 对 ARDS 患者呼吸力学、气体交换的影响,以期 ARDS 治疗开辟新的思路。

1 对象与方法

1.1 研究对象: 采用前瞻性随机自身对照研究方法。选择 2013 年 12 月至 2015 年 12 月本院外科重症加强治疗病房(ICU)收治的需行机械通气的早期 ARDS 患者。入选标准:年龄 18~75 岁,符合柏林 ARDS 诊断标准^[2],发病 ≤ 3 d。排除标准:食管梗阻、食管穿孔、严重食管静脉曲张出血、上消化道手术;妊娠;重度颅脑损伤;胸廓畸形、膈疝;气胸、大量胸腔积液;慢性阻塞性肺疾病(COPD)等慢性呼吸系统疾病;严重心、肝、肾等器官功能衰竭、血流动力学不稳定者。

本研究符合医学伦理学标准,研究方案经伦理委员会批准(审批号:2013-02),患者或其委托人签署知情同意书。

1.2 研究方法

1.2.1 基础机械通气: 所有患者气管插管接呼吸机行机械通气,采用容量控制通气模式,潮气量(VT) 6 mL/kg, PEEP 5 cmH₂O (1 cmH₂O=0.098 kPa),吸气时间比例 30%,吸气暂停时间 0.1 s,呼吸频率(RR) 20 次/min,吸入氧浓度(FiO₂) 1.00。无创心肺功能监测仪(NICO)的二氧化碳(CO₂)和流量传感器连接于气管插管与呼吸机之间。给予咪唑安定和(或)丙泊酚充分镇静,在充分镇静的基础上给予肌松剂维库溴铵。

1.2.2 Ptp 监测: 经鼻置入食道测压管,将导管另一端与呼吸机食道测压管连接,通过三通连接口向导管气囊内注入 5 mL 空气,再回抽 4.5 mL,呼吸机监视屏可见与呼吸相关的压力波动,证实气囊在膈肌以下,将导管逐渐外撤直至压力波动基本消失,表明气囊在食管胸腔段。监测食道压(Pes)以间接反映胸腔内压;Ptp 为肺泡内压与胸腔内压(即 Pes)的差值。分别应用吸气屏气和呼气屏气监测 Ptp。吸气末跨肺压(Ptp-i)=气道压-Pes;呼气末跨肺压(Ptp-e)=PEEP-Pes^[3-4]。

1.2.3 肺复张的实施: 将通气模式改为双水平气道正压(BiPAP)通气,实施控制性肺膨胀,高压与低压

水平一致, PEEP 为 40 cmH₂O, 保持 30 s, 使塌陷肺泡充分复张, 标准为氧合指数 (PaO₂/FiO₂) ≥ 400 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa) 或变化值 < 10%。若未达此标准应重复实施控制性肺膨胀。

1.2.4 最佳 PEEP 选择: 充分肺复张, 调整 PEEP 至 30 cmH₂O 后每 5 min 降低 3 cmH₂O, 直至降为 0。在 PEEP 递减过程中采用 4 种方法监测患者血流动力学、呼吸力学、气体交换指标变化, 并进行自身比较。

1.2.4.1 最佳氧合法: PEEP 递减过程中 PaO₂/FiO₂ < 400 mmHg 或较前一 PEEP 水平降低 > 5% 时, 以前一 PEEP 作为最佳 PEEP。

1.2.4.2 最大顺应性法: 以 PEEP 递减过程中肺静态顺应性 (Cst) 最大时的 PEEP 作为最佳 PEEP。

1.2.4.3 最小死腔分数法: 以 PEEP 递减过程中死腔分数 (V_D/V_T) 最小时的 PEEP 作为最佳 PEEP。

1.2.4.4 跨肺压法: 在 PEEP 递减过程中监测 Ptp, 当 Ptp-e < 0 时, 以前一 PEEP 维持呼吸 Ptp > 0 且 Ptp-i < 25 cmH₂O 时的 PEEP 作为最佳 PEEP^[5]。

1.2.5 监测指标及方法

1.2.5.1 血流动力学监测: 心电监护仪持续监测心率 (HR)、平均动脉压 (MAP)、中心静脉压 (CVP)。

1.2.5.2 呼吸力学监测: 呼吸机监测 VT、PEEP、气道峰压 (PIP)、气道平台压 (Pplat)、平均气道压 (Pmean)、吸气末食道压 (Pes-i)、呼气末食道压 (Pes-e)、Ptp-i、Ptp-e, 计算 Cst [Cst=VT/(Pplat-PEEP)]。

1.2.5.3 气体交换监测: 取桡动脉血进行血气分析, 测定 pH 值、氧分压 (PaO₂)、二氧化碳分压 (PaCO₂), 并计算 PaO₂/FiO₂。

1.2.5.4 V_D/V_T 测定: 采用 NICO 单次呼吸 CO₂ 曲线

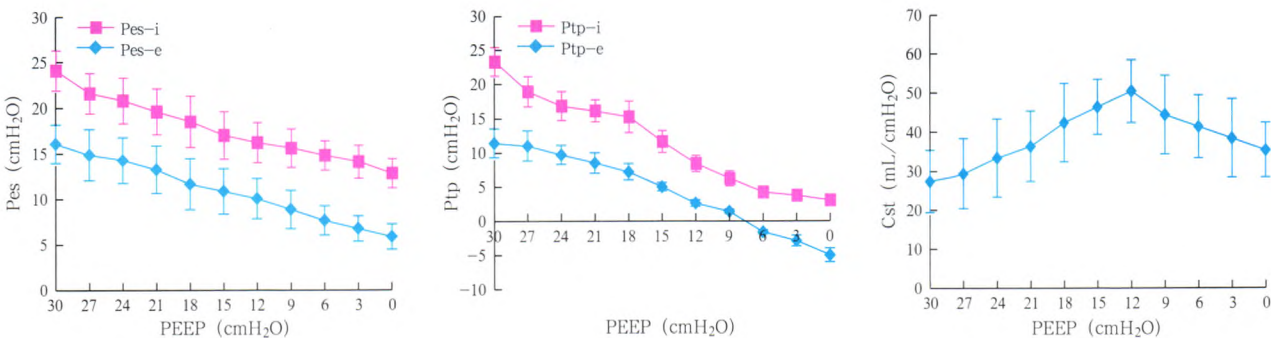
法测定 V_D/V_T^[6-7]。V_D/V_T=(PaCO₂-PeCO₂)/PaCO₂, 式中 PeCO₂ 为混合呼出气二氧化碳分压。

1.3 统计学方法: 采用 SPSS 13.0 软件进行统计学分析, 正态分布计量数据以均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 先行方差齐性检验, 方差齐时采用重复测量方差分析, 方差不齐时采用秩和检验, 样本均数间的两两比较采用 *q* 检验; 采用 Pearson 分析法进行相关分析; 绘制受试者工作特征曲线 (ROC), 分析各研究变量预测预后的精确性, 以 ROC 曲线下面积 (AUC) 表示。P < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基线资料: 最终 28 例 ARDS 患者纳入本研究, 男性 17 例, 女性 11 例; 年龄 (45 ± 12) 岁; 急性生理学与慢性健康状况评分系统 II (APACHE II) 评分为 (21 ± 9) 分; pH 值为 7.363 ± 0.054, PaCO₂ 为 (40.8 ± 5.5) mmHg, PaO₂/FiO₂ 为 (165 ± 76) mmHg; 轻度 ARDS 5 例, 中度 ARDS 17 例, 重度 ARDS 6 例; ARDS 病因: 肺部感染 13 例, 肺挫伤 6 例, 误吸 2 例, 烧伤 1 例, 体外循环 2 例, 重症胰腺炎 4 例; 28 d 死亡 15 例, 病死率 53.5%。

2.2 PEEP 递减过程中呼吸力学变化 (图 1): PEEP 递减过程中, Pes-i、Pes-e、Ptp-i、Ptp-e 逐渐下降, PEEP (9.6 ± 2.3) cmH₂O 时, Ptp-e (1.3 ± 0.3) cmH₂O (> 0)。Pes-i、Pes-e、Ptp-i、Ptp-e 与 Pplat 均呈显著正相关 (*r*² 值分别为 0.56、0.47、0.76、0.72, 均 P < 0.05)。Pplat ≥ 30 cmH₂O 时预测 Ptp-i ≥ 25 cmH₂O 的敏感度为 100%, 特异度为 70%; Pplat ≥ 37.2 cmH₂O 时预测 Ptp-i ≥ 25 cmH₂O 的敏感度为 100%, 特异度为 82%。PEEP 递减过程中, Cst 先逐步改善后有所降低, PEEP 为 (11.5 ± 2.4) cmH₂O 时, Cst 最大, 为 (50 ± 8) mL/cmH₂O。



注: PEEP 为呼气末正压, ARDS 为急性呼吸窘迫综合征, Pes-i 为吸气末食道压, Pes-e 为呼气末食道压, Ptp-i 为吸气末跨肺压, Ptp-e 为呼气末跨肺压, Cst 为肺静态顺应性; 1 cmH₂O=0.098 kPa

图 1 PEEP 递减过程中 ARDS 患者呼吸力学的变化

2.3 PEEP 递减过程中气体交换的变化

2.3.1 V_D/V_T (图 2): PEEP 递减过程中 V_D/V_T 逐渐下降, PEEP 为 (10.1 ± 2.2) cmH₂O 时 V_D/V_T 降至最低, 为 0.52 ± 0.05 , 随后逐渐升高; 最小死腔分数法选择最佳 PEEP 对应的 Ptp-e 为 (1.4 ± 0.4) cmH₂O, Ptp-i 为 (5.9 ± 0.8) cmH₂O。与 Ptp-e 0 ~ 2.99 cmH₂O 时比较, Ptp-e ≥ 6 cmH₂O 时 V_D/V_T 显著增加 (均 $P < 0.05$); 与 Ptp-i 0 ~ 2.99 cmH₂O 时比较, Ptp-i ≥ 15 cmH₂O 时 V_D/V_T 显著增加 (均 $P < 0.05$)。

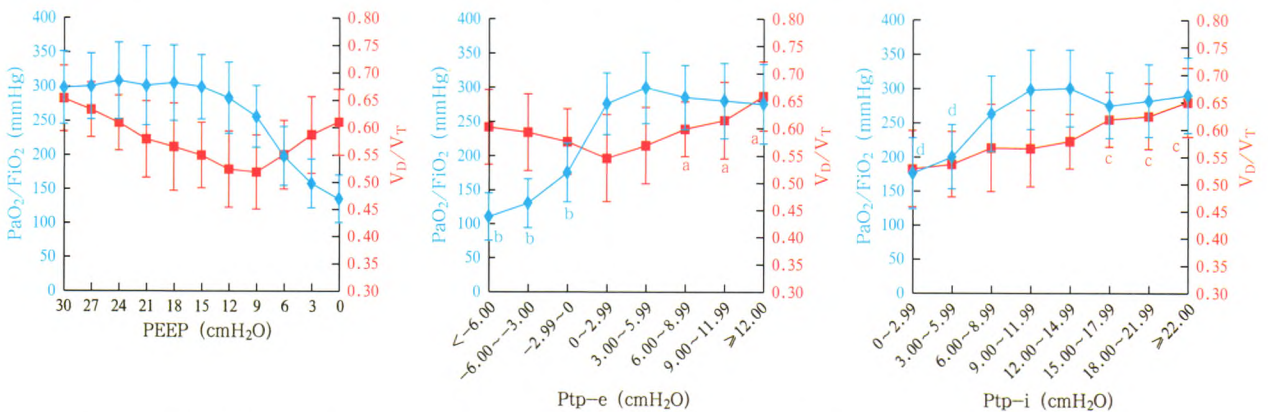
2.3.2 PaO_2/FiO_2 (图 2): PEEP 递减过程中 PaO_2/FiO_2 逐渐下降, PEEP 为 (18.0 ± 2.5) cmH₂O 时 PaO_2/FiO_2 最高, 为 (312 ± 99) mmHg, 随后 PaO_2/FiO_2 下降大于 5%; 用最佳氧合法选择最佳 PEEP 对应的 Ptp-e 为 (7.6 ± 1.0) cmH₂O、Ptp-i 为 (15.1 ± 2.7) cmH₂O。与 Ptp-e 3.00 ~ 5.99 cmH₂O 比较, Ptp-e < 0 时 PaO_2/FiO_2 显著降低 (均 $P < 0.05$); 与 Ptp-i 12.00 ~ 14.99 cmH₂O 比较, Ptp-i < 6 cmH₂O 时 PaO_2/FiO_2 显著降低 (均 $P < 0.05$)。

2.4 不同最佳 PEEP 选择方法对呼吸力学的影响 (表 1): 最大顺应性法、最小死腔分数法和跨肺压法

的最佳 PEEP、Ptp-e、Ptp-i 明显高于基础状态, 但均明显低于最佳氧合法 (均 $P < 0.05$)。最大顺应性法、最小死腔分数法和跨肺压法的 Cst 较基础状态和最佳氧合法显著升高 (均 $P < 0.05$)。上述指标在 3 种方法间差异无统计学意义 (均 $P > 0.05$)。

2.5 不同最佳 PEEP 选择方法对血流动力学的影响 (表 2): 最佳氧合法、最大顺应性法、最小死腔分数法和跨肺压法的 HR、MAP、血乳酸 (Lac) 组间差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$), 仅最佳氧合法 CVP 较基础状态显著增高 ($P < 0.05$)。

2.5 不同最佳 PEEP 选择方法对气体交换的影响 (表 2): 最小死腔分数法、跨肺压法的 PaO_2/FiO_2 明显低于最佳氧合法 (均 $P < 0.05$), 而与最大顺应性法相比差异无统计学意义 (均 $P > 0.05$), 且 4 种方法的 PaO_2/FiO_2 均高于基础状态 (均 $P < 0.05$)。最小死腔分数法和跨肺压法的 V_D/V_T 较基础状态、最佳氧合法明显下降 (均 $P < 0.05$), 而最大顺应性法的 V_D/V_T 与其他 3 种方法及基础状态比较差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$)。



注: PEEP 为呼气末正压, ARDS 为急性呼吸窘迫综合征, PaO_2/FiO_2 为氧合指数, V_D/V_T 为死腔分数, Ptp-e 为呼气末跨肺压, Ptp-i 为吸气末跨肺压; 1 cmH₂O = 0.098 kPa, 1 mmHg = 0.133 kPa; 与 Ptp-e 0 ~ 2.99 cmH₂O 比较, ^a $P < 0.05$; 与 Ptp-e 3.00 ~ 5.99 cmH₂O 比较, ^b $P < 0.05$; 与 Ptp-i 0 ~ 2.99 cmH₂O 比较, ^c $P < 0.05$; 与 Ptp-i 12.00 ~ 14.99 cmH₂O 比较, ^d $P < 0.05$

图 2 PEEP 递减过程中 ARDS 患者气体交换的变化

表 1 跨肺压导向的最佳 PEEP 选择方法对 28 例 ARDS 患者呼吸力学的影响 ($\bar{x} \pm s$)

PEEP 选择方法	例数 (例)	最佳 PEEP (cmH ₂ O)	Cst (mL/cmH ₂ O)	Pplat (cmH ₂ O)	Pes-e (cmH ₂ O)	Pes-i (cmH ₂ O)	Ptp-e (cmH ₂ O)	Ptp-i (cmH ₂ O)
基础状态	28	5.0 ± 0.0	30 ± 8	15.9 ± 2.2	7.3 ± 1.2	12.2 ± 2.6	-2.3 ± 0.3	3.7 ± 0.5
最佳氧合法	28	18.0 ± 2.5 ^a	35 ± 10	34.5 ± 4.6 ^a	10.4 ± 1.5 ^a	19.4 ± 2.9 ^a	7.6 ± 1.0 ^a	15.1 ± 2.7 ^a
最大顺应性法	28	11.5 ± 2.4 ^{ab}	50 ± 8 ^{ab}	26.8 ± 3.5 ^a	9.4 ± 1.4	17.4 ± 2.8 ^a	2.1 ± 0.6 ^{ab}	8.4 ± 1.0 ^a
最小死腔分数法	28	10.1 ± 2.2 ^{ab}	47 ± 9 ^{ab}	22.6 ± 3.1 ^a	8.7 ± 1.1	16.7 ± 2.4	1.4 ± 0.4 ^{ab}	5.9 ± 0.8 ^{ab}
跨肺压法	28	9.6 ± 2.3 ^{ab}	46 ± 7 ^{ab}	21.6 ± 3.0 ^a	8.3 ± 1.3	15.8 ± 2.3	1.3 ± 0.3 ^{ab}	5.8 ± 0.9 ^{ab}
F 值		5.973	7.865	8.527	3.391	3.725	15.526	12.034
P 值		0.020	0.015	0.014	0.042	0.041	0.001	0.001

注: PEEP 为呼气末正压, ARDS 为急性呼吸窘迫综合征, Cst 为肺静态顺应性, Pplat 为气道平台压, Pes-e 为呼气末食道压, Pes-i 为吸气末食道压, Ptp-e 为呼气末跨肺压, Ptp-i 为吸气末跨肺压; 1 cmH₂O = 0.098 kPa; 与基础状态比较, ^a $P < 0.05$; 与最佳氧合法比较, ^b $P < 0.05$

表 2 跨肺压导向的最佳 PEEP 选择方法对 28 例 ARDS 患者血流动力学和气体交换的影响($\bar{x} \pm s$)

PEEP 选择方法	例数(例)	HR(次/min)	MAP(mmHg)	Lac(mmol/L)	CVP(mmHg)	PaCO ₂ (mmHg)	PaO ₂ /FiO ₂ (mmHg)	V _D /V _T
基础状态	28	98±25	89±10	1.8±0.6	8±3	40.8±5.5	165±76	0.59±0.05
最佳氧合法	28	99±25	84±7	1.8±0.4	14±4 ^a	41.3±6.3	312±99 ^a	0.58±0.04
最大顺应性法	28	100±24	88±9	1.7±0.8	13±4	41.7±5.2	268±85 ^a	0.55±0.06
最小死腔分数法	28	97±22	87±6	1.8±0.5	12±4	39.6±4.5	258±72 ^{ab}	0.52±0.05 ^{ab}
跨肺压法	28	98±26	86±7	1.9±0.4	12±3	40.2±6.1	252±86 ^{ab}	0.53±0.05 ^{ab}
F 值		0.097	0.124	0.132	4.976	0.092	9.561	7.324
P 值		0.865	0.785	0.679	0.026	0.859	0.007	0.024

注: PEEP 为呼气末正压, ARDS 为急性呼吸窘迫综合征, HR 为心率, MAP 为平均动脉压, Lac 为血乳酸, CVP 为中心静脉压, PaCO₂ 为动脉血二氧化碳分压, PaO₂/FiO₂ 为氧合指数, V_D/V_T 为死腔分数; 1 mmHg=0.133 kPa; 与基础状态比较, ^aP<0.05; 与最佳氧合法比较, ^bP<0.05

3 讨论

ARDS 时大量肺泡塌陷, 肺容积减少, 肺内分流增加, 导致顽固性低氧血症。应用合适的 PEEP 是促进塌陷肺泡复张及改善顽固性低氧血症的重要手段, 但是 PEEP 设置过高或过低均可导致 VILI, 加重原有肺损伤^[8-9]。P_{tp} 是扩张肺组织的压力, 即静态条件下作用于胸膜腔表面对抗肺组织回缩的力量, 其取决于肺泡内压和胸腔内压力的差值, 反映了肺泡在呼吸过程中承受的应力^[10-11]。应用跨肺压法设置 PEEP 使 P_{tp-e}>0, 可防止呼气末肺泡塌陷; 同时可监测 P_{tp-i}, 防止压力过高导致肺泡过度膨胀, 具有肺保护作用^[12-13]。

3.1 通过测定 P_{plat} 代替肺泡内压, 放置食道测压管测食道压, 估算胸腔内压。当 P_{tp}>0 时, 提示肺组织处于开放状态; 当 P_{tp}<0 时, 提示肺泡塌陷^[14-16]。本研究中基础 PEEP 5 cmH₂O 时, 肺泡内压力低于胸腔内压力, P_{tp-e}<0, 提示呼气末肺泡塌陷不能充分复张, 故氧合情况、肺顺应性及死腔通气均不能得以改善。因此, ARDS 需要合适的 PEEP 来促进塌陷肺泡复张以减轻肺不张、改善肺损伤。

3.2 跨肺压法选择最佳 PEEP 后肺顺应性明显改善。研究表明, 肺复张后肺顺应性显著降低, 提示肺泡重新塌陷, 肺顺应性的变化比 PaO₂/FiO₂ 及肺内分流更能反映肺通气的改变, 可作为评价肺复张效果和 PEEP 选择的方法之一^[17]。本研究中应用跨肺压法选择最佳 PEEP 可明显改善肺顺应性, 提示该方法能维持肺泡复张, 避免再次塌陷。

3.3 应用合适的 PEEP 促进 ARDS 塌陷肺泡复张时还需警惕 PEEP 过高导致肺泡过度膨胀。本研究显示最佳氧合法的 PEEP、P_{tp-i}、P_{tp-e} 较最大顺应性法、最小死腔分数法及跨肺压法明显升高, 虽然

最佳氧合法的 PaO₂/FiO₂ 显著改善, 但与其他方法相比, 最佳氧合法选择 PEEP 后 Cst 降低、V_D/V_T 明显增加, 这是由于过高的 PEEP 导致了肺泡过度膨胀、肺顺应性降低、死腔通气增加。

3.4 跨肺压法选择 PEEP 不导致肺泡过度膨胀, 不增加死腔通气。ARDS 时肺泡大量塌陷可使肺内分流增加, 引起分流死腔显著增加, 增加的死腔与患者病情严重程度及预后密切相关^[18-19]。合适的 PEEP 能促进塌陷肺泡复张, 减少肺内分流, 降低分流死腔。随着 PEEP 增加, P_{tp-i} 逐步升高, 吸气末肺应力增加, 可使肺泡过度膨胀, 肺毛细血管阻力增加、血流中断, 从而引起肺毛细血管血流重新分布, 非重力依赖区肺组织血流进一步减少, 导致死腔样通气增加。研究表明, 当 P_{tp-e}>25 cmH₂O 时 VILI 发生率明显增加^[1]。与最小死腔分数法选择最佳 PEEP 相比, 跨肺压法不显著降低 Cst, V_D/V_T 无明显增加, 但均低于最佳氧合法, 提示跨肺压法选择 PEEP 能改善患者通气/血流比, 避免肺泡塌陷和肺泡过度膨胀导致的死腔通气增加, 具有肺保护作用。

3.5 本研究初步探讨了食道测压监测 P_{tp} 指导呼吸机参数设置的可行性以及与临床常用 PEEP 选择方法比较的优缺点。但存在以下不足: ① 对不同病因的 ARDS 未进行分类研究, 如合并腹腔高压、胸壁顺应性显著降低的 ARDS 患者, 其气道压力与肺泡内压力相关性低, 不能反映肺泡真正所受压力, 应用 P_{tp} 指导呼吸机参数合理设置的优势可能更加显著。② 未按照 ARDS 严重程度进行分层研究, 是否在严重 ARDS 患者中监测 P_{tp} 获益更多, 不同方法设置最佳 PEEP 对 ARDS 患者预后有何影响等, 还有待进一步深入研究。

综上, 本研究显示, 跨肺压法可用于 ARDS 患者

最佳 PEEP 的选择,该方法既能促进塌陷肺泡复张、改善氧合和肺顺应性,又不会导致肺泡过度膨胀,减少死腔通气。

参考文献

- [1] Chiumello D, Carlesso E, Cadringer P, et al. Lung stress and strain during mechanical ventilation for acute respiratory distress syndrome [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2008, 178 (4): 346–355. DOI: 10.1164/rccm.200710-1589OC.
- [2] Ranieri VM, Rubenfeld GD, Thompson BT, et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition [J]. JAMA, 2012, 307 (23): 2526–2533. DOI: 10.1001/jama.2012.5669.
- [3] Benditt JO. Esophageal and gastric pressure measurements [J]. Respir Care, 2005, 50 (1): 68–77.
- [4] Loring SH, O'Donnell CR, Behazin N, et al. Esophageal pressures in acute lung injury: do they represent artifact or useful information about transpulmonary pressure, chest wall mechanics, and lung stress? [J]. J Appl Physiol (1985), 2010, 108 (3): 515–522. DOI: 10.1152/jappphysiol.00835.2009.
- [5] Talmor D, Sarge T, Malhotra A, et al. Mechanical ventilation guided by esophageal pressure in acute lung injury [J]. N Engl J Med, 2008, 359 (20): 2095–2104. DOI: 10.1056/NEJMoa0708638.
- [6] Kallet RH, Daniel BM, Garcia O, et al. Accuracy of physiologic dead space measurements in patients with acute respiratory distress syndrome using volumetric capnography: comparison with the metabolic monitor method [J]. Respir Care, 2005, 50 (4): 462–467.
- [7] 边伟帅, 晁彦公, 陈炜, 等. 无创心排量监测系统对急性呼吸窘迫综合征猪模型呼吸循环功能的评价意义 [J]. 中华危重病急救医学, 2014, 26 (11): 799–803. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.11.007.
Bian WS, Chao YG, Chen W, et al. The significance of non invasive cardiac output monitoring system on evaluating circulatory and respiratory function in pig with acute respiratory distress syndrome [J]. Chin Crit Care Med, 2014, 26 (11): 799–803. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.11.007.
- [8] 秦英智. 进一步提高机械通气的应用与管理水平 [J]. 中华危重病急救医学, 2015, 27 (7): 545–547. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.07.001.
Qin YZ. To further improve the expertise and management level of mechanical ventilation [J]. Chin Crit Care Med, 2015, 27 (7): 545–547. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.07.001.
- [9] Briel M, Meade M, Mercat A, et al. Higher vs lower positive end-expiratory pressure in patients with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome: systematic review and meta-analysis [J]. JAMA, 2010, 303 (9): 865–873. DOI: 10.1001/jama.2010.218.
- [10] 郭晓夏, 安友仲. 急性呼吸窘迫综合征患者机械通气保留自主呼吸的利弊与时机 [J]. 中华危重病急救医学, 2015, 27 (9): 781–784. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.09.018.
Guo XX, An YZ. The advantages and disadvantages of mechanical ventilation in patients with acute respiratory distress syndrome retaining their breath and its timing [J]. Chin Crit Care Med, 2015, 27 (9): 781–784. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.09.018.
- [11] Gattinoni L, Carlesso E, Caironi P. Stress and strain within the lung [J]. Curr Opin Crit Care, 2012, 18 (1): 42–47. DOI: 10.1097/MCC.0b013e32834f17d9.
- [12] Platakis M, Hubmayr RD. Should mechanical ventilation be guided by esophageal pressure measurements? [J]. Curr Opin Crit Care, 2011, 17 (3): 275–280. DOI: 10.1097/MCC.0b013e328344dda6.
- [13] Sarge T, Talmor D. Targeting transpulmonary pressure to prevent ventilator induced lung injury [J]. Minerva Anestesiol, 2009, 75 (5): 293–299.
- [14] Talmor D, Sarge T, O'Donnell CR, et al. Esophageal and transpulmonary pressures in acute respiratory failure [J]. Crit Care Med, 2006, 34 (5): 1389–1394. DOI: 10.1097/01.CCM.0000215515.49001.A2.
- [15] Kubiak BD, Gatto LA, Jimenez EJ, et al. Plateau and transpulmonary pressure with elevated intra-abdominal pressure or atelectasis [J]. J Surg Res, 2010, 159 (1): e17–24. DOI: 10.1016/j.jss.2009.08.002.
- [16] Rodriguez PO, Bonelli I, Setten M, et al. Transpulmonary pressure and gas exchange during decremental PEEP titration in pulmonary ARDS patients [J]. Respir Care, 2013, 58 (5): 754–763. DOI: 10.4187/respcare.01977.
- [17] Henzler D, Pelosi P, Dembinski R, et al. Respiratory compliance but not gas exchange correlates with changes in lung aeration after a recruitment maneuver: an experimental study in pigs with saline lavage lung injury [J]. Crit Care, 2005, 9 (5): R471–482. DOI: 10.1186/cc3772.
- [18] Raurich JM, Vilar M, Colomar A, et al. Prognostic value of the pulmonary dead-space fraction during the early and intermediate phases of acute respiratory distress syndrome [J]. Respir Care, 2010, 55 (3): 282–287.
- [19] 刘松桥, 陈菁, 郭凤梅, 等. 死腔分数与早期急性呼吸窘迫综合征患者预后的关系 [J]. 中华急诊医学杂志, 2012, 21 (6): 597–601. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2012.06.009.
Liu SQ, Chen J, Guo FM, et al. Prognostic value of the pulmonary dead-space fraction in patients during the early phases of acute respiratory distress syndrome [J]. Chin J Emerg Med, 2012, 21 (6): 597–601. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2012.06.009.

(收稿日期: 2016-04-16)

(本文编辑: 保健媛, 李银平)

• 读者 • 作者 • 编者 •

本刊对图表的要求

作者投稿时,原稿中若有图表,每幅图表应紧随文字叙述之后排。每幅图表应冠有准确的图表题。说明性的文字应置于图表下方注释中,并在注释中标明图表中使用的全部非公知公用的缩写。图不宜过大,最大宽度半栏图不超过 7.5 cm,通栏图不超过 16.5 cm,高宽比例以 5:7 为宜。以计算机制图者应提供原始图片 (eps 或 pdf 格式)。照片图要求有良好的清晰度和对比度;图中需标注的符号 (包括箭头) 请用另纸标上,不要直接写在照片上。每幅图的背面应贴上标签,注明图号、方向及作者姓名。若刊用人像,应征得本人的书面同意,或遮盖其能被辨认出系何人的部分。大体标本照片在图内应有尺度标记。病理照片要求注明染色方法和放大倍数。森林图另附 word 文档,重点标目词宜用中文表述。若使用其他刊物的原图表,应注明出处,并附版权所有人同意使用该图表的书面材料。

表格建议采用三横线表 (顶线、表头线、底线),如遇有合计和统计学处理内容 (如 t 值、 P 值等),则在此行上面加一条分界横线;表内数据要求同一指标保留的小数位数相同,一般比可准确测量的精度多一位。