

• 论著 •

呼气保持法测定机械通气患者呼气末肺动脉楔压的方法研究

杨万杰 赵雪峰 冯庆国 魏凯 任文博 程秀玲

【摘要】 目的 联合应用呼吸机上的“呼气保持”功能与监护仪上的“肺动脉楔压(PAWP)回顾”软件,寻找一种既准确又方便快捷的测量呼气末 PAWP(eePAWP)的方法。方法 采用前瞻性自身前后对照研究方法。选择放置肺动脉导管的机械通气患者 12 例,随机选取 50 例次的测量值,21 例次为单纯正压通气,29 例次为正压通气混有自主呼吸。先根据呼吸变异度(RV)分为 <8 mm Hg (1 mm Hg = 0.133 kPa) 或 ≥ 8 mm Hg 两组,再根据 PAWP 测量方法分为监护仪自动显示组和呼气保持法测量组。比较每例次自动测量法和呼气保持法所测 PAWP 值的差异。结果 21 例次单纯正压通气患者中,12 例次 RV < 8 mm Hg 者中自动显示组 PAWP (mm Hg) 数值多高于呼气保持组 (12~16 比 9~14),但两组数值差距较小,甚至偶有相等的情况;9 例次 RV ≥ 8 mm Hg 者中自动显示组 PAWP (mm Hg) 数值均高于呼气保持组 (13~20 比 9~15),两组数据差距较大,但不论 RV 多少,两组间 PAWP 数值比较差异均有统计学意义 (均 $P < 0.01$)。29 例次正压通气混有自主呼吸的患者中,RV < 8 mm Hg 者 (13 例次) 和 RV ≥ 8 mm Hg 者 (16 例次) 中自动显示组大部分 PAWP 数值高于呼气保持组 (11~18 比 10~17),4 例次低于呼气保持组 (11~20 比 14~23),但两组间各 PAWP 数值差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$)。结论 无论单纯正压通气还是正压通气混有自主呼吸的患者,呼气保持法均能较好地识别 eePAWP 波形,更准确、快速地反映患者真实的血流动力学状态。

【关键词】 肺动脉导管; 肺动脉楔压, 呼气末; 呼气保持; 肺动脉楔压回顾软件

The application of "expiration holding" in measuring end-expiration pulmonary artery wedge pressure in patients undergoing mechanical ventilation YANG Wan-jie, ZHAO Xue-feng, FENG Qing-guo, WEI Kai, REN Wen-bo, CHENG Xiu-ling. Intensive Care Unit, the Fifth Central Hospital of Tianjin, Tianjin 300450, China

Corresponding author: YANG Wan-jie, Email: yang_wanjie@163.com

【Abstract】 **Objective** To find an accurate and convenient method of measuring end-expiratory pulmonary artery wedge pressure (eePAWP) by "expiration holding" function of ventilator and "pulmonary artery wedge pressure (PAWP) Review" software of monitor. **Methods** Twelve patients with introduction of pulmonary artery catheter and undergoing mechanical ventilation were selected. Fifty measurements were randomly selected for the comparison of the differences between automatic measurement and expiration holding method in each patient. There were 21 cases underwent single positive pressure ventilation and 29 cases with positive pressure ventilation mixed with spontaneous breathing. All measurements were first divided into <8 mm Hg (1 mm Hg = 0.133 kPa) or ≥ 8 mm Hg groups according to respiratory variability (RV). They were then divided into automatic measurement group and expiration holding group according to PAWP measurement, and the difference in the results between two groups were recorded. **Results** In 21 cases with single positive pressure ventilation, in 12 cases PAWP (mm Hg) of automatic measurement group was higher than that of expiration holding group (12 - 16 vs. 9 - 14) when RV < 8 mm Hg, but the difference between two groups was not obvious, and measurements were similar occasionally. In automatic measurement group PAWP (mm Hg) was higher than that of expiration holding group (13 - 20 vs. 9 - 15) in 9 cases when RV ≥ 8 mm Hg, the difference was obvious. Neither RV < 8 mm Hg nor RV ≥ 8 mm Hg, the statistical difference was significant (all $P < 0.01$). In 29 cases, when positive pressure ventilation was mixed with spontaneous breathing, RV < 8 mm Hg ($n = 13$), RV ≥ 8 mm Hg ($n = 16$), most of the results in automatic measurement group were higher than those of expiration holding group (11 - 18 vs. 10 - 17), and only 4 of them were lower than expiration holding group (11 - 20 vs. 14 - 23). There was no statistically significant difference between two groups (all $P > 0.05$). **Conclusion** Expiration holding measurement is a better method that can identify the eePAWP, and it reflects the true hemodynamic status more accurately and quickly whether positive pressure ventilation only or positive pressure ventilation mixed with spontaneous breathing is given.

【Key words】 Pulmonary artery catheter; End-expiratory pulmonary artery wedge pressure; Expiration holding; Pulmonary artery wedge pressure Review software

DOI:10.3760/cma.j.issn.1003-0603.2011.04.013

作者单位:300450 天津市第五中心医院重症医学科

通信作者:杨万杰,Email,yang_wanjie@163.com

自从 1970 年肺动脉导管(PAC)应用于临床以来^[1],就其能否改善患者预后的争论一直存在^[2-3]。有学者认为,临床医师误读肺动脉楔压(PAWP)数

值是导致患者预后不能改善的原因之一^[4]。机械通气时,胸腔内压随呼吸机的送气和放气而不断变化,血管内压力会随胸腔内压力的变化而波动。如果同时存在自主呼吸,此变化将更为复杂^[5-6]。呼吸引起的血管压力波动幅度称为呼吸变异度(RV)^[6]。由于呼气末胸腔内压对循环影响最小,因此要想获得准确的 PAWP,先要获得呼气末 PAWP(eePAWP)^[7]。监护仪自动显示的是一个时间-加权平均值,能反映每一个呼吸周期对长时间压力值的影响,它的取样和平均值计算不考虑呼吸模式带来的变异,此数值通常情况下不等于 eePAWP^[8],面对这样的一个数值,医师往往无所适从。本研究中采用呼气保持法与监护仪自动显示法进行比较,证实其能够方便准确地获得呼气末波形,同时也有很好的操作者依从性,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料:采用前瞻性自身前后对照研究方法。选取 2009 年 8 月至 2010 年 10 月本院重症医学科放置了 PAC 监测的机械通气患者 12 例,男 8 例,女 4 例;年龄(33.8±6.6)岁;急性生理学与慢性健康状况评分系统 I (APACHE I)评分(23.7±2.6)分;病因分布:血气胸合并肺挫伤 5 例,骨盆骨折合并腹膜后血肿及低血容量休克 2 例,脾破裂合并股骨干骨折及低血容量休克 2 例,医院获得性肺炎合并感染性休克 2 例,坏疽性阑尾炎合并腹膜炎及感染性休克 1 例。随机选取 12 例患者的 50 例次测量值,其中 21 例次为单纯正压通气,模式为双水平正压通气(BIPAP);另外 29 例次为正压通气混有自主呼吸,模式为 BIPAP+辅助自主呼吸(ASB)。先根据 RV<8 mm Hg(1 mm Hg=0.133 kPa)或 RV≥8 mm Hg 分为两组;再根据 PAWP 测量方法的不同各分为两组,由记录监护仪自动显示值者称为自动显示组,以呼气保持法测量者称为呼气保持组。50 例次测量中的每一例次均先后用两种方法测量,

共得到 100 个数值,见表 1。本研究经医院伦理委员会批准,治疗方案均获得患者家属知情同意。

1.2 监测方法:所有入选患者经右颈内静脉置入 7F PAC(美国 Edwards 公司),连接 GE Dash4000 监护仪(美国 GE 公司),常规拍摄床旁正侧位 X 线胸片确认导管尖端位于肺 III 区,持续记录肺动脉压(PAP),通过“PAWP 回顾”软件分别测量随呼吸波动的最高 PAP 舒张压和最低 PAP 舒张压,其差值即为 RV。

1.3 观察指标及操作方法:所有入选患者每日至少在上 7 时和下午 7 时各测量一次 PAWP,根据需要随时加测,在采集数据时保持血管活性药、输液速度和呼吸机参数不变。对于每一例次测量,首先将气囊充气后记录显示器上显示的 PAWP 数值,即为自动显示组数据;然后在患者自主呼气末按住呼吸机上的“呼气保持”键,同时将气囊充气,至气囊充气 15~20 s 或患者出现自主吸气时停止气囊充气和按键。打开监护仪上“PAWP 回顾”软件,识别呼气保持状态下的 PAWP 波形,移动光标,记录 PAWP 值,即为呼气保持组数据。以上获得的数值均经传导指数法校正外源性呼气末正压(PEEPe)或可能存在的内源性呼气末正压(PEEPi)^[9]。

1.4 统计学处理:应用 SPSS 13.0 软件分析,计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,两组比较采用配对 *t* 检验,*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组 PAWP 波形的变化:单纯正压通气患者的 PAWP 波形随吸气而上升,随呼气而下降,RV 越大波动越明显;按住呼吸机上的“呼气保持”键时,PAWP 波形平稳。图 1 显示,正压通气混有自主呼吸患者的 PAWP 波形随间断正压通气及自主呼吸明显波动且混乱,RV 越大波动越明显,呼气末难以识别。图 2 显示,在自主呼气末按住呼吸机上的“呼气保持”键时,出现一段平稳的 PAWP 波形,直至自

表 1 监护仪自动显示与呼气保持法测量机械通气患者 50 例次 PAWP 数值

通气方式	RV	组别	例次数	PAWP(mm Hg)															
单纯正压通气	<8 mm Hg	自动显示组	12	16	15	12	12	13	10	11	15	12	16	16	14				
		呼气保持组*	12	13	14	9	10	10	10	9	12	9	13	14	14				
	≥8 mm Hg	自动显示组	9	20	18	18	19	15	13	16	19	14							
		呼气保持组*	9	15	14	13	15	10	9	10	13	10							
正压通气+自主呼吸	<8 mm Hg	自动显示组	13	12	13	11	15	17	11	16	13	14	14	18	17	14			
		呼气保持组	13	11	12	14	13	15	10	15	12	12	13	17	16	16			
	≥8 mm Hg	自动显示组	16	18	16	19	12	20	15	16	11	14	17	18	15	13	16	14	15
		呼气保持组	16	16	15	22	11	23	14	15	9	13	15	16	14	12	15	12	14

注:PAWP,肺动脉楔压,RV,呼吸变异度;与同通气方式同 RV 自动显示组比较,**P*<0.01;1 mm Hg=0.133 kPa

主吸气后出现 PAWP 降低。

图 1 自动测量法时肺动脉楔压波形随正压通气与自主呼吸而波动,呼气末识别困难

图 2 按住“呼气保持”键,肺动脉楔压波动消失直到开始自主呼气,呼气末易识别

2.2 两组 PAWP 测量值的比较(表 1):单纯正压通气的患者, $RV < 8$ mm Hg 时,自动显示组 PAWP 数值多数高于呼气保持组,但两组数值差距较小,甚至偶有相等的情况; $RV \geq 8$ mm Hg 时,自动显示组 PAWP 数值均高于呼气保持组,两组数据差距较大;但不论 $RV < 8$ mm Hg 还是 ≥ 8 mm Hg,两组 PAWP 比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.01$),说明监测仪自动显示高估了 eePAWP。在正压通气混有自主呼吸的患者,自动显示组大部分 PAWP 数值高于呼气保持组,4 例次低于呼气保持组;但不论 $RV < 8$ mm Hg 还是 ≥ 8 mm Hg,两组 PAWP 比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。

3 讨论

呼气保持法即联合呼吸机上的“呼气保持”功能与监护仪上的“PAWP 回顾”软件测量 eePAWP。“呼气保持”是德国 Dräger Evita4 等呼吸机中的一种功能,启动此功能时呼吸机保持呼气状态,持续 15 s 左右,其初衷是用于测量患者的最大吸气负压,指导呼吸机的撤离。对单纯正压通气患者,我们通过“呼气保持”功能使正压通气处于呼气相。对正压通气合并自主呼吸患者,我们在自主呼气末启动“呼气

保持”功能,即正压通气和自主呼吸均处于呼气相,消除了正压通气送气时对血管压力的升高效应,也消除了自主吸气对血管压力的降低效应,于是就获得了一段平稳的正压通气和自主呼吸都处于呼气末的血管压力波形。“PAWP 回顾”软件是多功能监护仪中的一种功能,启动此功能后可对 PAWP 进行回顾,同时可通过旋钮移动光标至压力波形的不同位置,自动显示出相应的压力值,可在短时间内对选定的波形进行准确的测量。尽管监测血流动力学的参数越来越丰富,如胸腔内血容积指数、每搏变异指数^[10]或血管外肺水指数^[11],对 PAC 的争论依然存在,PAWP 的许多临床作用还不能被完全取代。如急性肺损伤/急性呼吸窘迫综合征(ALI/ARDS)诊断标准^[12]和肺动脉高压诊断治疗指南^[13]等都用了具体的 PAWP 绝对值。液体负荷试验中的 7-3 容量治疗法则又用了 PAWP 的动态变化值^[14]。然而,以上诊断标准、指南提到的“绝对值”或“变化值”都必须基于一个前提,即测量的数值是准确的。影响 PAWP 准确性的因素有很多,如导管尖端的位置,导管-连接管-传感器测量系统的自然频率和衰减系数,管道系统中的气泡或血栓,零点的放置和调零的正确操作,呼气末波形的正确识别,PEEPi 或 PEEPe 的校正等均可影响 PAWP 的准确性,其中,正确识别呼气末波形并获得准确的 eePAWP 是重要一环。中心血管的压力随呼吸周期呈时相变化,而呼气末胸腔内压对循环影响最小,因此 eePAWP 能更准确地反映中心血管容量^[5,8]。根据胸腔内压力对循环的影响规律,血管压力波形的呼气末部分应该在正压通气患者的最低压力值位置或自主呼吸患者的最高压力值位置^[15]。

本研究证实,单纯正压通气患者自动显示的 PAWP 数值高估 eePAWP。高估的程度与潮气量、肺顺应性及胸壁顺应性有关,潮气量越大、肺顺应性越好、胸壁越僵硬的患者,吸气期胸膜腔压力增高越明显,高估的程度就越大^[16-17],RV 也越大。本研究同时显示,正压通气混有自主呼吸时,呼气末波形既不在最高值也不在最低值,而是介乎两者之间。此时,自动显示值高估或低估 eePAWP 均有可能,使得医师的判断更加困难。有作者将此种情况称为“腔穴”^[14]。高估或低估取决于正压通气与自主呼吸谁占主导地位,正压通气占优势时,高估的可能性大;自主呼吸占优势时,低估的可能性大,低估的程度除与肺胸等因素有关外,还与气道阻力以及自主吸气用力程度有关,自主吸气用力越大,气道阻力越高,

对压力低估的程度越高^[18]。RV 的大小取决于正压送气的最高值与自主吸气的最低值之间的差距,与高估或低估无关。文献报道,获得 eePAWP 的方法主要为纸打波形测量法和气道压力显示法,其准确性均高于监护仪自动显示法,但往往存在低估实际 eePAWP 的可能^[15],同时需要气道压力显示、走纸打印和手动测量三道工序,操作复杂耗时,使处在繁忙工作中的操作者难以依从^[19]。

呼气保持法联合了呼吸机上的“呼气保持”功能与监护仪上的“PAWP 回顾”软件,无论是单纯正压通气还是正压通气混有自主呼吸(腔穴),通过在自主呼气末按住呼吸机上的“呼气保持”键,均能获得一段较平稳的呼气末波形,通过移动光标迅速获得数值。本研究显示,呼气保持法在准确性高于监护仪自动显示法的同时,省去了其他测量 eePAWP 方法复杂耗时的多道工序,使 eePAWP 的测量既准确又方便快捷,显著提高了操作者的依从性。

总之,呼气保持法将呼吸机和监护仪有机结合,得到一种全新的 eePAWP 测量方法。与其他方法一样,呼气保持法对自主呼吸频率过快和(或)心率过慢患者的测量存在一定困难,因上述情况得到的呼气末平稳波段较短,可在病情允许的情况下,适当应用镇静等措施降低呼吸频率,使呼气末波段延长,从而完成测量。

参考文献

- [1] Swan HJ, Ganz W, Forrester J, et al. Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter. *N Engl J Med*, 1970, 283, 447-451.
- [2] Sandham JD, Hull RD, Brant RF, et al. A randomized, controlled trial of the use of pulmonary-artery catheters in high-risk surgical patients. *N Engl J Med*, 2003, 348, 5-14.
- [3] Richard C, Warszawski J, Anguel N, et al. Early use of the pulmonary artery catheter and outcomes in patients with shock and acute respiratory distress syndrome, a randomized controlled trial. *JAMA*, 2003, 290, 2713-2720.
- [4] Connors AF Jr. Potential misuse of the pulmonary artery catheter. *Semin Respir Crit Care Med*, 1999, 20, 43-51.
- [5] Marini JJ, Rodriguez RM, Lamb V. The inspiratory workload of patient-initiated mechanical ventilation. *Am Rev Respir*

Dis, 1986, 134, 902-909.

- [6] Al-Kharrat T, Zarich S, Amcateng-Adjepong Y, et al. Analysis of observer variability in measurement of pulmonary artery occlusion pressures. *Am J Respir Crit Care Med*, 1999, 160, 415-420.
- [7] Berryhill RE, Benumof JL, Rauscher LA. Pulmonary vascular pressure reading at the end of exhalation. *Anesthesiology*, 1978, 49, 365-368.
- [8] Teplick RS. Measuring central vascular pressures, a surprisingly complex problem. *Anesthesiology*, 1987, 67, 289-291.
- [9] Teboul JL, Pinsky MR, Mercat A, et al. Estimating cardiac filling pressure in mechanically ventilated patients with hyperinflation. *Crit Care Med*, 2000, 28, 3631-3636.
- [10] 张纳新, 秦英智, 徐磊, 等. 连续血流动力学监测技术在机械通气患者中的应用研究. *中国危重病急救医学*, 2006, 18, 359-362.
- [11] 沈菊芳, 邱海波, 杨毅, 等. 单指示剂法与重力法测定急性呼吸窘迫综合征犬血管外肺水的比较研究. *中国危重病急救医学*, 2006, 18, 327-330.
- [12] Bernard GR, Artigas A, Brigham KL, et al. The American-European consensus conference on ARDS: definitions, mechanisms, relevant outcomes, and clinical trial coordination. *Am J Respir Crit Care Med*, 1994, 149, 818-824.
- [13] American College of Chest Physicians. Diagnosis and management of pulmonary arterial hypertension: ACCP evidence-based clinical practice guidelines. *Chest*, 2004, 126, 7S-10S.
- [14] Tuman KJ, Carroll GC, Ivankovich AD. Pitfalls in interpretation of pulmonary artery catheter data. *J Cardiothorac Anesth*, 1989, 3, 625-641.
- [15] Mark JB. Atlas of Cardiovascular Monitoring (心血管监测图谱). 颜红兵, 译. 北京: 科学出版社, 2003, 179-180.
- [16] Perel A, Pizov R. Cardiovascular effects of mechanical ventilation//Perel A, Stock MC. Handbook of Mechanical Ventilatory Support. Baltimore, Williams & Wilkins, 1992, 51-65.
- [17] O'Quin R, Marini JJ. Pulmonary artery occlusion pressure: clinical physiology, measurement, and interpretation. *Am Rev Respir Dis*, 1983, 128, 319-326.
- [18] Mark JB. Central venous pressure monitoring, clinical insights beyond the numbers. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 1991, 5, 163-173.
- [19] Rizvi K, Deboisblanc BP, Truweit JD, et al. Effect of airway pressure display on interobserver agreement in the assessment of vascular pressures in patients with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med*, 2005, 33, 98-103.

(收稿日期: 2010-11-03)

(本文编辑: 李银平)

• 科研新闻速递 •

急性呼吸窘迫综合征和多器官功能衰竭关系的最新阐述

目前急性呼吸窘迫综合征(ARDS)的病死率仍居高不下,为 34%~64%。以往研究认为,ARDS 主要的死亡原因不是严重的低氧血症,而是并发多器官功能衰竭(MOF)。最近加拿大学者从 ARDS 和 MOF 二者不同但又相互补充的病理生理学方面展开研究,认为 ARDS 既是 MOF 的诱因,又是 MOF 的结果,这种关系框架对于探索可以最终治疗 ARDS 和脓毒症患者的新颖方法来说有提示作用。总之 ARDS 是一种具有非常复杂病理生理学特征的严重肺部疾病,不仅影响呼吸系统,还影响了远端的非肺源性器官,对 MOF 到 ARDS 的发展联系进行双向性病理生理学阐述仍有待进一步深入。

钟毓贤, 编译自《Curr Opin Crit Care》, 2010-12-01(电子版); 胡森, 审校