

论著 · 临床研究

动态压力-容量曲线在新生儿机械通气中的临床意义

朱远鹏¹,马丽亚¹,吴志军¹,卢光进¹,韩玉昆²

(1. 深圳市宝安区妇幼保健院新生儿科,广东 深圳 518133; 2. 中国医科大学附属盛京医院新生儿科,辽宁 沈阳 110004)

〔摘 要〕 目的 探讨动态压力-容量曲线(动态 P-V 曲线)在新生儿机械通气中的变化特点,为临床呼吸机的合理使用和病情判断提供借鉴。方法 利用 Stephanie 呼吸机自动绘制动态 P-V 曲线,计算 25 例患儿在机械通气后 1,24,48,72 h 及撤机前曲线斜率,并同时记录每分钟通气量(MV)、平均气道压(Pmean)、吸入氧浓度(FiO₂);观察异常通气(人机对抗、气道部分及完全梗阻、气道漏气、气管导管脱出气道)时动态 P-V 曲线形态特点。结果 随着肺部病变的改善,曲线斜率、MV 逐渐增高,动态 P-V 曲线向纵轴移动,Pmean、FiO₂ 逐渐降低。机械通气 1,24,48,72 h 及撤机前曲线斜率分别为(0.76 ± 0.53), (0.81 ± 0.55), (1.05 ± 0.48), (1.10 ± 0.42), (1.13 ± 0.37) mL/cmH₂O,机械通气 48,72 h 及撤机前斜率与 1 h 比较,差异有显著性(P < 0.05 或 P < 0.01)。异常通气时动态 P-V 曲线形态均有异常改变。结论 机械通气时动态 P-V 曲线斜率逐渐增大、曲线向纵轴移动的趋势反映了肺部病变的改善,其形态变化对于判断异常通气有重要作用,有助于减少机械通气并发症。

〔中国当代儿科杂志,2009,11(7):525-528〕

〔关 键 词〕 动态压力-容量曲线;斜率;异常通气;机械通气;婴儿,新生
〔中图分类号〕 R722 〔文献标识码〕 A 〔文章编号〕 1008-8830(2009)07-0525-04

Clinical significance of dynamic pressure-volume curve in neonatal mechanical ventilation

ZHU Yuan-Peng, MA Li-Ya, WU Zhi-Jun, LU Guang-Jin, HAN Yu-Kun. Department of Neonatology, Shenzhen Bao'an District Maternal and Child Health Care Hospital, Shenzhen, Guangdong 518133, China (Email: 463738117@qq.com)

Abstract: Objective To study the characteristics and role of dynamic pressure-volume curve (P-V curve) in neonatal mechanical ventilation. **Methods** A dynamic P-V curve was automatically drawn by the Stephanie ventilator. The slope rate of dynamic P-V curve was measured in 25 neonates who received mechanical ventilation 1, 24, 48 and 72 hrs after ventilation and before weaning from ventilation. Minute-ventilation (MV), mean airway pressure (Pmean), and fraction of inspired oxygen (FiO₂) were recorded. The patterns of dynamic P-V curve during abnormal ventilation (resistance to ventilator, part or complete airway obstruction, airway leaking and tracheal catheter exodus) were observed. **Results** With the improvement of pulmonary disease, the slope rate of P-V curve and MV increased, Pmean and FiO₂ decreased, and the P-V curve shifted to the volume axle. The slope rate of curve 48 and 72 hrs after ventilation and before weaning from ventilation (1.05 ± 0.48, 1.10 ± 0.42 and 1.13 ± 0.37 mL/cmH₂O respectively) increased significantly compared with that 1 hr after ventilation (0.76 ± 0.53 mL/cmH₂O) (P < 0.05 or 0.01). Abnormal ventilation led to abnormal appearance of dynamic P-V curve. **Conclusions** The increasing slope rate of dynamic P-V curve and the curve shifting to volume axle in neonatal mechanical ventilation may be associated with the improvement of pulmonary disease. The appearance changes of the curve may be of value in the assessment of abnormal ventilation.

〔Chin J Contemp Pediatr, 2009, 11 (7):525-528〕

Key words: Dynamic pressure-volume curve; Slope rate; Abnormal ventilation; Mechanical ventilation; Neonate

机械通气技术对于挽救危重患儿的生命发挥着不可替代的作用,随着微机技术的迅速发展,现代新型呼吸机能够自动绘制并显示呼吸力学曲线,如动态压力-容量曲线(动态 P-V 曲线)、流速-容量曲线、压力-流速曲线、压力曲线等,对于临床医师实时了解气道、肺部病变的演变情况,及时发现存在的问题,指导通气参数调整具有重要意义。目前在新生儿领域动态 P-V 曲线的研究报道比较少,很多问题需深入研究,本研究通过对新生儿机械通气过程中动态 P-V 曲线变化特点的探讨,以期为临床提供借鉴。

〔收稿日期〕2008-11-11;〔修回日期〕2008-12-31
〔作者简介〕朱远鹏,男,大学,副主任医师。主攻方向:新生儿疾病。

1 资料与方法

1.1 临床资料

2007 年 8 月至 2008 年 6 月在我院 NICU 中应用 Stephanie 呼吸机进行机械通气治疗的 25 例患儿,男 16 例,女 9 例,入院日龄 10 min 至 21 d,平均 24.2 h;入院体重 980 ~ 4 300 g,平均 2 231 g;胎龄 26 ~ 41 周,平均 34 周;机械通气时间 64 ~ 127 h,平均 97.6 h;原发病:吸入综合征 9 例(羊水吸入综合征 6 例,胎粪吸入综合征 2 例,乳汁吸入综合征 1 例),新生儿呼吸窘迫综合征 7 例,重度窒息伴多器官功能损害 5 例,宫内感染性肺炎、社区获得性肺炎各 2 例。

1.2 方法

利用 Stephanie 呼吸机能自动监测呼吸力学参数、自动绘制动态 P-V 曲线并可自动计算曲线上任意两点连线斜率的功能,以 Kodak V705 型数码相机拍摄动态 P-V 曲线在疾病不同时间段、发生异常通气(人机对抗、气道部分及完全梗阻、气道漏气、气管导管脱出气道)时的图像,以 Matlab 及 Photoshop

软件进行图像处理。计算在机械通气 1,24,48,72 h 和撤机前患儿安静状态下动态 P-V 曲线上零流速点、吸气支与呼气支转换点(图 1C 中所示 A,B 两点)两点连线的斜率(动态 P-V 曲线斜率),并同时记录通气参数值,包括每分钟通气量(MV)、平均气道压(Pmean)、吸入氧浓度(FiO₂)。

1.3 统计学分析方法

所有数据以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,以 SPSS 10.0 软件进行统计学分析, $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果

2.1 动态 P-V 曲线形态与异常通气

动态 P-V 曲线横轴表示压力(P),单位为 cmH₂O(1 cmH₂O = 0.098 kPa);纵轴表示容量(V),单位为 mL。机械通气时相邻两次呼吸周期内绘制的曲线,其形态及斜率有所差异,发生异常通气时,曲线形态出现异常改变,见图 1 ~ 3;曲线形态及斜率亦受通气流量的影响,见图 4。

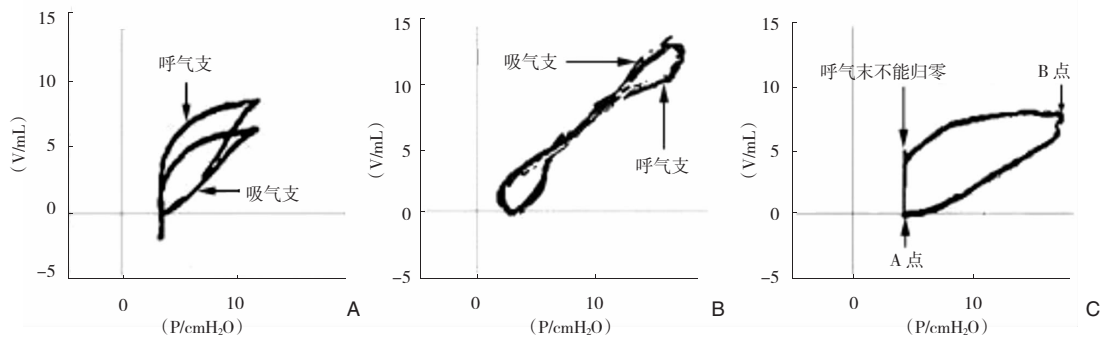


图 1 人机对抗及气道漏气时曲线形态 A:存在同步自主呼吸时相邻两条动态 P-V 曲线并不能完全重叠,曲线斜率有差异,相邻两条曲线斜率分别为 0.76 和 1.05 mL/cmH₂O; B:存在人机对抗时曲线形态变异,可见呼气支起始部分下降,与吸气支形成交叉; C:气管导管口径偏小而有漏气时,可见曲线呼气支不能归零, A 点:零流速点, B 点:吸气支与呼气支转换点。

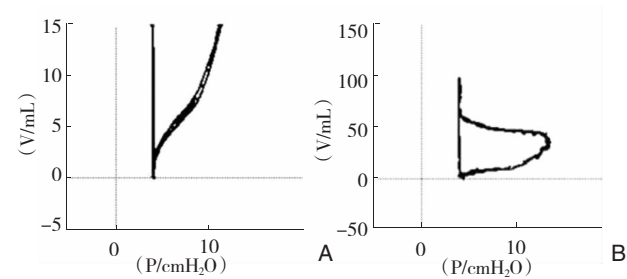


图 2 气管导管脱落时曲线形态 男,出生后第 7 天,孕 39⁺₃周,顺产,乳汁吸入综合征合并呼吸衰竭。A:机械通气中气管导管脱入口腔,可见曲线呼气支不能显示,系因 V 轴刻度值设定过低所致; B:此时若重新设定较大 V 轴刻度值,则可重新显示曲线呼气支,此时可见呼气支形态异常,且不能归零。

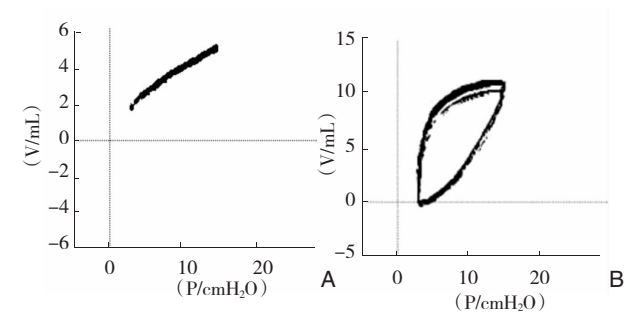


图 3 气道堵塞时曲线形态 男,出生后第 15 天,孕 38⁺₅周,顺产,出生体重 2 560 g,肺炎合并呼吸衰竭。A:发生气道被黏液堵塞时,曲线的吸气支与呼气支重叠,环状图形消失,阻力(R)增高, R = 201 cmH₂O, MV = 0.00 L/min; B:立即清理气道后:斜率 = 0.94 mL/cmH₂O, R = 85 cmH₂O, MV = 0.51 L/min。

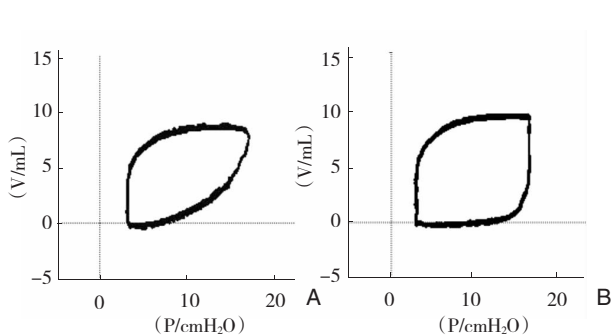


图 4 不同通气流量对曲线的影响 男, 出生后第 2 天, 孕 33 周, 顺产, 出生体重 1 800 g, 羊水吸入综合征合并呼吸衰竭。**A:** 正弦波通气时斜率 = 0.69 mL/cmH₂O, R = 209 cmH₂O, MV = 0.42 L/min; **B:** 改为方波通气后斜率 = 0.72 mL/cmH₂O, R = 204 cmH₂O, MV = 0.48 L/min, 可见曲线吸气支明显向 P 轴偏移, 上升相对迟缓。

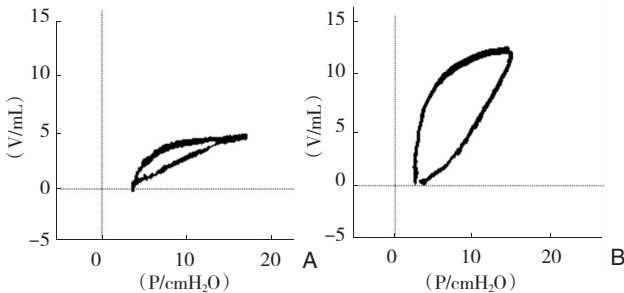


图 5 病程与曲线斜率 女, 出生后 1 h 入院, 孕 32⁺² 周, 顺产, 出生体重 1 300 g, 呼吸窘迫综合征 II 期。**A:** 机械通气 1 h 斜率 = 0.37 mL/cmH₂O, R = 79 cm H₂O, MV = 0.24 L/min; **B:** 撤机前斜率 = 1.02 mL/cmH₂O, R = 98 cmH₂O, MV = 0.46 L/min。

2.2 动态 P-V 曲线斜率与病程

机械通气时随着肺部病变逐渐改善, 曲线斜率增高, 见图 5; FiO₂ 和 Pmean 逐渐下降, 机械通气 48、72 h 及撤机前斜率与 1 h 相比, 差异有显著性, 见表 1。

表 1 25 例患儿动态 P-V 曲线斜率及通气参数动态变化 (x̄ ± s)

机械通气时间(h)	斜率(mL/cmH ₂ O)	MV (L/min)	FiO ₂	Pmean (cmH ₂ O)
1	0.76 ± 0.53	0.44 ± 0.13	0.54 ± 0.12	10.88 ± 1.64
24	0.81 ± 0.55	0.48 ± 0.10	0.45 ± 0.10 ^a	10.60 ± 1.67
48	1.05 ± 0.48 ^a	0.52 ± 0.09 ^a	0.38 ± 0.14 ^b	9.84 ± 1.74 ^a
72	1.10 ± 0.42 ^b	0.54 ± 0.10 ^b	0.33 ± 0.09 ^{bΔ}	8.95 ± 1.60 ^a
撤机前	1.13 ± 0.37 ^b	0.54 ± 0.08 ^b	0.28 ± 0.02 ^{bΔ}	7.37 ± 0.56 ^b

与 1 h 相比, a: P < 0.05, b: P (或 z) < 0.01; Δ 非正态分布, 行秩和检验

3 讨论

肺顺应性(C)是指每单位压力变化导致肺容量的变化, 可分为静态顺应性(Cs)和动态顺应性(Cd)。将每一呼吸周期内测得的压力和容量变化点相连成线, 得到一闭合环, 为动态 P-V 曲线, 由吸气支和呼气支两部分组成, 自主呼吸与机械通气时其曲线形态不同, 见图 6。该曲线是 Cd 的表达形式^[1], 其斜率(零流速点、吸气支与呼气支转换点两点连线斜率)反映 Cd^[2]。因此, 斜率的变化反映了 Cd 的变化, Cd 改变时曲线斜率亦会改变。而 Cd 反映 C 和气道阻力, 降低时提示 C 降低或气道阻力增加^[3]; 增高时提示肺部病变的改善^[4]。本研究显示, 动态 P-V 曲线斜率与肺部病变的改善密切相关, 由于新生儿气管、支气管黏膜柔嫩, 肺的弹力纤维发育较差, 血管丰富, 因此肺实质病变时毛细支气管壁因炎症水肿而增厚, 管腔变小甚至堵塞, 气道分泌物增加, 气管痉挛, 造成气道阻力明显升高^[5], 从

而 Cd 降低, 动态 P-V 曲线斜率随之降低, 曲线向横轴移动; 随着疾病的恢复, 肺组织弹性阻力逐渐降低, 气道黏膜充血水肿减轻, 黏液分泌减少, 气道阻力降低, Cd 逐渐增大, 动态 P-V 曲线斜率随之增高, 曲线向纵轴移动。因此, 我们认为机械通气时, 通过监测动态 P-V 曲线斜率的变化趋势来评估 Cd, 进而推测肺部病变的严重程度及通气策略的有效性, 对于指导临床呼吸机的使用具有重要意义。

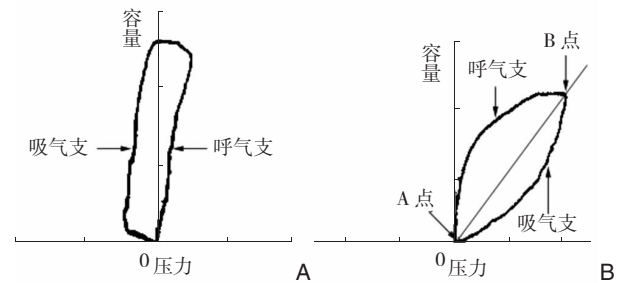


图 6 自主呼吸与机械通气时动态 P-V 曲线 **A:** 在自主呼吸状态下动态 P-V 曲线吸气支位于纵轴左侧, 呼气支位于纵轴右侧, 呈顺时针走向; **B:** 在机械通气状态下曲线吸气支及呼气支均位于纵轴右侧, 呈逆时针走向, A 点: 零流速点, B 点: 吸气支与呼气支转换点, A、B 两点连线斜率是指连接该两点的直线相对于横轴(压力轴)的倾斜程度。

动态 P-V 曲线特殊的形态变化对于判断机械通气时气道发生异常情况(如气道阻塞、管道漏气)有指导作用,当气道内有黏液阻塞时,导致气道阻力增高,曲线斜率降低,表现为动态 P-V 曲线向横轴移动;当气道完全被黏液堵塞时,气体不能进入气道,通气量降至零,曲线的环状图形消失,此结果与余守章等^[6]的报道相符,此时需立即清理气道分泌物,以免造成不良后果。本研究结果显示,动态 P-V 曲线处于不断变化中,即使相邻的两次呼吸周期内曲线形态及斜率也并不完全相同,其原因可能与气道内气流的变化、呼吸机管道的可压缩性、自主呼吸等的影响有关。故临床上仅凭一次动态 P-V 曲线来分析病情可能会有偏差,应通过连续动态观察曲线的变化趋势,对病情变化的判断才更准确。

呼吸机内动态 P-V 曲线自动绘制系统是通过监测气道流量(U)、潮气量(VT)和跨肺压(P)的改变,按运动等式来推算 C 和 R: $P = VT/C + RU$ 。设定在呼吸周期里 P、VT 和 U 是持续改变的变量,而 C 和 R 是不变的。正常婴儿的肺在呼吸 VT 范围内时,P/V 关系是线性的,但在有肺疾病时,其 P/V 关系常为非线性^[7]。在机械通气期间,P/V 关系的线性范围也常被超过,此时根据运动等式不能计算出 C 和 R 的可靠值,呼吸机绘制的 P-V 曲线与实际情况有一定误差。目前有专家提出,当 P/V 关系为非线性时分析肺顺应性的新方法,如 P/V 分析法

(APVNL)^[8]。但尚未见在呼吸机自动绘制 P-V 曲线时作为计算公式的报道。

[参 考 文 献]

[1] 崔红玉,张少丹,崔广奇,刘玉慧,程艳蕊. 急性呼吸窘迫综合征呼吸指标的相关性分析及早期诊断价值研究[J]. 中国煤炭工业医学杂志, 2008, 11(4):509.

[2] 崔玉涛,樊寻梅. 气道图形分析技术监测机械通气的意义[J]. 实用儿科临床杂志, 1999, 14(6):364.

[3] Smith J, Vanlierde S, Devlieher H, Daniels H, Eqqermont E. Birth weight and early lung compliance as predictors of short-term outcome in premature infants with respiratory distress syndrome [J]. S Afr Med J, 1995, 85(11):1157.

[4] 黄育丹,瞿尔力,邓秀睿,徐海滨,苏卫东. 呼吸衰竭患儿行机械通气时呼吸力学参数变化及意义[J]. 山东医药, 2008, 48(10):82-83.

[5] 江文辉,邓力,温惠虹,黄伟娟. 婴儿肺炎呼吸系统顺应性及阻力的被动流速容量测定[J]. 中国当代儿科杂志, 2002, 4(5):382.

[6] 余守章,刘继云,阮祥才,彭相宽. 围术期呼吸力学连续气道监测的研究[J]. 中华麻醉学杂志, 1997, 17(7):396.

[7] Kessler V, Newth CJ, Guttman J. Analysis of nonlinear volume-dependent respiratory system mechanics in pediatric patients[J]. Pediatr Crit Care Med, 2000, 1(2):111-118.

[8] Nikischin W, Gerhardt T, Everett R, Bancalari E. A new method to analyze lung compliance when pressure-volume relationship is nonlinear[J]. Am J Respir Crit Care Med, 1998, 158(4):1052-1060.

(本文编辑:徐福兰)

· 消息 ·

2009 年全国小儿外科学新进展高级研讨会通知

为进一步提高我国小儿外科医师的临床诊断与治疗水平,总结近年来小儿外科领域的新成果,推动小儿外科学术繁荣和科技成果应用,探索 21 世纪小儿外科学发展方向,经中华医学会批准,由中华医学杂志编辑委员会主办“2009 年全国小儿外科学新进展高级研讨会”。本次会议将邀请国内知名专家张金哲院士、潘少川教授、刘贵麟教授、马承宣教授、孙宁教授、叶辉教授、张潍平教授、李龙教授、陈永卫教授、王焕民教授等就小儿外科临床新理论、新技术、新进展,特别是一些临床难点、热点问题,进行专题演讲与对话交流,以达到普及小儿外科新知识,展示我国小儿外科医师在各专业领域的成果与风貌,促进学科之间的交流与合作的目的。参加本次研讨会代表可获国家 1 类医学继续教育学分。欢迎广大儿科医务工作者积极参与本次研讨会。

会议时间:2009 年 8 月 13 日至 16 日 会议地点:北京银都大酒店
联系人:赵轩 010-63834836 Email: zhyxh001@163.com