

• 论著 •

连续血流动力学监测技术在机械通气患者中的应用研究

张纳新 秦英智 徐磊 展春 王书鹏

【摘要】 目的 通过对机械通气患者进行 Swan-Ganz 肺动脉热稀释法、脉搏轮廓动脉压波形分析法 (PiCCO) 及部分 CO₂ 重复呼吸法 (无创心排血量监测, NICO) 连续血流动力学监测, 阐述 3 种监测技术的相关性。**方法** 13 例各种原因导致呼吸衰竭行机械通气的患者, 每例患者均同时行 Swan-Ganz、PiCCO、NICO 监测, 在治疗手段及呼吸机设置条件相同的情况下, 于同一时间点采集 3 种监测方法的血流动力学数据, 比较 3 种监测技术的相关性。**结果** 相关分析显示, 在各种方法所测心排血量指数 (CI) 间 PiCCO 与 Swan-Ganz 相关系数为 0.883, NICO 与 Swan-Ganz 相关系数为 0.853, PiCCO 与 NICO 相关系数为 0.857, PiCCO、NICO 均与 Swan-Ganz 有较好的相关性。**结论** PiCCO 及 NICO 连续血流动力学监测可作为重症监护室 (ICU) 机械通气患者床旁监测的可靠手段, 从而进一步指导制订有效的治疗策略。

【关键词】 血流动力学监测; 机械通气; 动脉轮廓分析法; 部分 CO₂ 重复呼吸; 间接 Fick 原理; 热稀释

Study of continuous hemodynamics monitoring techniques in patients with mechanical ventilation ZHANG Na-xin, QIN Ying-zhi, XU Lei, ZHAN Chun, WANG Shu-peng. Department of Intensive Care Unit, Tianjin Third Central Hospital, Tianjin 300170, China

【Abstract】 Objective To elucidate the relativity among three kinds of continuous hemodynamics monitoring techniques: thermodilution via Swan-Ganz catheter, pulse contour analysis method (PiCCO), partial CO₂ rebreathing method (non-invasive cardiac output, NICO), in patients with mechanical ventilation. **Methods** In 13 patients with respiratory failure due to different causes, hemodynamics were continuously monitored with Swan-Ganz catheterization, PiCCO, NICO simultaneously. The therapeutic measures and the type of ventilator were similar. Data were collected at the same time points to compare the relativity among these three kinds of monitor. **Results** Linear relative analysis showed a good relativity in PiCCO/Swan-Ganz ($r=0.883$), NICO/Swan-Ganz ($r=0.853$) and PiCCO/NICO ($r=0.857$) in cardiac index (CI). **Conclusion** PiCCO and NICO can be used as reliable measure to monitor ventilated patients bedside in intensive care unit (ICU), thus offering an assistance to optimize therapeutic strategy.

【Key words】 hemodynamics monitor; mechanical ventilation; pulse contour analysis method; partial CO₂ rebreathing; indirect Fick principle; thermodilution

近 20 年来,就重症监护室 (ICU) 有创血流动力学监护有效性及安全性的争议越来越激烈。虽然有些研究提出进行有创血流动力学监护的高危外科患者预后有所提高,但是对大量内科危重患者的研究结果却得出了相反结论^[1]。近年来更有一项研究显示,应用肺动脉导管 (pulmonary artery catheter, PAC) 进行血流动力学监测的患者病死率较未使用组高出 39%^[2]。由于有创监护的技术性要求较高且伴有一些不可避免的并发症,故无创/微创血流动力学监护的发展越来越引起人们的兴趣及关注。本研究中将 Swan-Ganz 肺动脉热稀释法、脉搏轮廓动脉压波形分析法 (PiCCO)、部分 CO₂ 重复呼吸法 (即无创心排血量监测, NICO) 3 种血流动力学监护

技术应用于机械通气患者,探讨用于 ICU 危重症患者血流动力学监护的准确、简便而经济的监护手段。

1 资料与方法

1.1 病例: 我院综合 ICU 2002 年 10 月—2003 年 11 月收治的各种原因致呼吸衰竭需机械通气治疗患者 13 例,其中男 8 例,女 5 例;年龄 52~86 岁,平均 (73.6±11.2) 岁;机械通气时间 3~30 d,平均 (11.1±9.1) d。引起呼吸衰竭的病因:冠心病 (包括急性/陈旧性心肌梗死) 心力衰竭 7 例,慢性阻塞性肺气肿合并感染 3 例,气胸 1 例,急性化脓性胆管炎合并急性呼吸窘迫综合征 (ARDS) 1 例,感染性休克 1 例。

1.2 方法: 患者均给予机械通气及原发病治疗,如抗炎、解痉、扩冠、营养心肌、稳定循环等。每例患者均经颈内/锁骨下静脉置入 Swan-Ganz 热稀释导管 (CitiCathTM sp5107H-14^{TD} Catheter TF, Singapore), 连接于 8 通道监护仪 (美国 Agilent 71034

基金项目:天津市自然科学基金资助项目 (023612211)

作者单位:300170 天津市第三中心医院 ICU,天津市呼吸机治疗研究中心

作者简介:张纳新 (1968-),女 (汉族),天津人,副主任医师。

Beoblingen); 经股动脉置入 4F 动脉导管(Pulsio-cath PV2014L16A, Pulsion Medical System), 连接于 Agilent 8 通道监护仪, 用于 PiCCO 血流动力学测定; NICO 血流动力学监测采用美国 Novamatrix Model 7300 监护仪。采用上述 3 种方法分别进行血流动力学监测, 采集血流动力学参数。为最大限度地降低采集数据的误差, 在数据采集过程中, 血管活性药、输液速度及呼吸机设置条件保持不变, 且每次注射 0℃ 冰盐水均由同一人完成。调节血管活性药剂量或呼吸机设置变更 15 min 后采集数据, 每 2 h 收集 1 次数据, 每例患者视病情所需及机械通气时间的长短收集 3~15 次, 平均(8.2±3.4)次, 将 3 种方法检测的相同部分, 即心排血量(CO)、心排血指数(CI)、每搏量(SV)、外周血管阻力(SVR)进行相关性分析。

1.3 统计学处理: 结果以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 采用 SPSS 11.0 中文版统计学软件进行统计学处理, 组间进行相关分析, 求得相关系数(r)值, 组内采用线性回归分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 13 例中 11 例成功撤机, 撤机方式 8 例为成比例压力支持(PPS)模式, 3 例为持续气道正压-压力支持通气(CPAP-PSV)模式。2 例患者死亡, 其中 1 例为女性, 77 岁, 死因为感染性休克继发多器官功能障碍综合征(MODS); 1 例为男性, 52 岁, 死因为急性心肌梗死合并心室纤颤。所有患者住 ICU 时间为 3~34 d, 平均(13.9±11.0)d。

2.2 13 例机械通气患者共进行 104×3 次重复测量, 3 种血流动力学监测方法所得的 CO、CI、SV、SVR 比较见表 1。

表 1 Swan-Ganz、PiCCO、NICO 所测 CO、CI、SV 和 SVR 比较($\bar{x} \pm s, n=13$)

Table 1 Comparison of CO, CI, SV and SVR detected by Swan-Ganz, PiCCO or NICO($\bar{x} \pm s, n=13$)

监测方法	CO (L/min)	CI (L·min ⁻¹ ·m ⁻²)	SV (ml)	SVR (kPa·s/L)
Swan-Ganz	3.73±1.09	2.23±0.62	39.12±13.74	207.90±59.77
PiCCO	3.80±1.09	2.28±0.60	40.15±14.16	199.82±57.56
NICO	3.51±1.05	2.13±0.58	36.53±13.40	225.01±60.54

2.3 对 3 种血流动力学监测方法所得参数进行相关分析见表 2。除 PiCCO 与 NICO 所测 SV 的 r 值为 0.799 外, 其余 r 值均在 0.800 以上, Swan-Ganz 与 PiCCO 的 CI r 值最高, 达 0.883。

2.4 将 PiCCO 方法中的血温、注射温度、中心静脉压(CVP)作为自变量、CO 作为因变量进行直线回

归分析, 其 r 值分别为 0.078、0.028 和 0.167, P 值分别为 0.550、0.846、0.000, 以 $P < 0.05$ 作为差异显著性标准, 可看出 CO 不受血温和注射温度影响, 而与 CVP 关系密切。

表 2 不同血流动力学监测方法间相关分析

Table 2 Correlation among different continuous hemodynamic monitor methods

参数	r_1 值	r_2 值	r_3 值
CO	0.876	0.860	0.849
CI	0.883	0.853	0.857
SV	0.811	0.877	0.799
SVR	0.827	0.849	0.823

注: r_1 为 Swan-Ganz 与 PiCCO 的相关系数(P 均 < 0.001);

r_2 为 Swan-Ganz 与 NICO 的相关系数(P 均 < 0.001);

r_3 为 PiCCO 与 NICO 的相关系数(P 均 < 0.001)

3 讨 论

随着医疗水平的不断提高, 越来越多的危重症患者被收入了 ICU, 其中大部分患者存在血流动力学异常, 故正确评估血流动力学状况是疾病诊断和治疗的先决条件, 而且血流动力学监护也是 ICU 中最基本的一项监护手段。

3.1 Swan-Ganz 法: 自 20 世纪 70 年代 Jeremy Swan 和 William Ganz 等^[3]发明了肺动脉热稀释导管(即 Swan-Ganz 导管)以来, 其一直作为血流动力学诊断的“金标准”在世界范围内广泛用于各种危重症患者的血流动力学监护, 但 Swan-Ganz 导管造价昂贵, 并需要经过专门训练的技术人员进行插管及各项数据的监测, 且插管的并发症较多, 如心律失常、气胸、动脉破裂或出血、导管打结或断裂; 导管置入后的并发症也较多, 如导管感染、血栓形成、肺动脉穿孔、肺栓塞、心脏瓣膜和心室损伤、空气栓塞、球囊破裂等。

本研究中选择了由 Pulsion Medical System 公司研制的 PiCCO 法血流动力学监测技术, 以及由 Novamatrix 公司研制的 NICO 血流动力学监测技术, 将该两种基于不同原理的监测技术进行比较, 并在机械通气患者血流动力学状态十分不稳定的情况下, 分别与 Swan-Ganz 热稀释法进行比较。

3.2 PiCCO 法: 其基本原理是基于 SV 同主动脉压力曲线的收缩面积成正比^[4], 此后 20 年间这一理论在临床实践基础上技术日趋完善, 对压力依赖顺应性及其公式中系统阻力作了压力、心率、年龄等影响因素校正, 该法逐渐在临床得到认可。

该方法是经肺温度稀释与 PiCCO 相结合的技术, 仅需要一条中心静脉和一条较大的动脉通路

(股动脉或腋动脉),这两条通路为 ICU 患者经常使用。PiCCO 可连续监测的数据有连续心排量(CCO)、连续心脏指数(CCI)、SV、心搏量变量(SVV)、SVR 等;可量化的数据有胸内血容量(ITBV)、血管外肺水(EVLW)等,这些变量联合起来,将为临床医生展示最完整的血流动力学状态图,而且这些有效的参数比 Swan-Ganz 导管获得的参数更全面、更容易、更便捷。

1999 年 Goedje 等^[5]对肺动脉和股动脉温度稀释法与 PiCCO 进行了比较,在心脏术后患者的对照研究中,显示 r 值为 0.850。Buhre 和 Rodig 等^[6,7]的研究也证实 PiCCO 法与 Swan-Ganz 热稀释法有十分密切的相关性,后者更进一步说明了这种相关性在使用血管活性药后仍存在。Zollner 等^[8]对 ARDS 患者进行了 PiCCO 与 Swan-Ganz 热稀释法的比较,也取得了令人满意的结果。

本研究中经与 Swan-Ganz 法进行相关分析,均得出了与上述文献报道相似的数据。经直线回归分析,该项研究表明,CO 与 CVP 的 r 值为 0.167 ($P < 0.05$),说明虽然二者相关性很小,但 CO 仍受 CVP 影响,即在 CVP 变化时,应重新标定 CO。而体温及注射温度在一定范围内对 CO 没有影响,为使所测数据更精确,推荐标定时间间隔为每 8 h 1 次。

在 PiCCO 法所测得的参数中,心脏舒张末容量(GEDV)、ITBV 及 EVLW 均可反应心脏前负荷。EVLW 指的是分布于血管外的液体,该液体是由血液滤出进入组织间隙的量。每天离开肺间质的淋巴流量约 500 ml,任何原因引起的肺毛细血管滤出过多或液体排出受阻都会使 EVLW 增加,导致肺水肿,超过正常参考值 2 倍的 EVLW 就会影响气体弥散和肺功能,出现肺水肿的症状与体征。有文献报道,ICU 患者在 EVLW 指导下进行液体治疗能缩短机械通气及住 ICU 的时间^[9]。ITBV 被认为较 CVP 及肺动脉阻塞压(PAOP)能更好地反应心脏前负荷^[10,11],因为 ICU 患者常常由于机械通气的原因而使 CVP 及 PAOP 升高,而 ITBV 不受心肌顺应性或机械通气压力变化等因素的影响。Lichtwarck-Aschoff 等^[11]证实了 ITBV 与 CI 的 r 值为 0.710,而 PAOP($r=0.018$)及 CVP($r=0.069$)与 CI 的相关性则极差,相同结论的研究同样也出现在败血症休克的患者中^[12]。EVLW 及 ITBV 对临床医疗实践的指导意义尚有待进一步研究。

总之,同 Swan-Ganz 导管相比,PiCCO 具有如下的优点:①PiCCO 是一种利用中心静脉和动脉通

道、较少侵害的测定,并可避免一系列致命的并发症,如心脏或瓣膜损伤、动脉破裂或出血、导管打结等。②特殊的动脉导管更经济,留置时间可达 10 d。③可以连续提供高度特异的变量,如 CCO、CCI、SVR、SV、SVV 等,以及可量化的数据,如 ITBV 和 EVLW,较 Swan-Ganz 导管更能完整地反应血流动力学状态,增加危重患者医疗处理的有效性,并能减少医疗费用。

3.3 NICO 法:即采用无创间接 Fick 公式测定 CO,基于 1870 年 Adolph Fick 提出的直接 Fick 法基本原理,即利用氧为指示剂,氧消耗与动、静脉氧含量之差相除的商即为 CO,而以 CO_2 代替公式中的 O_2 即导出间接 Fick 公式:

$$\text{CO}(\text{L}/\text{min}) = V_{\text{CO}_2}(\text{ml}/\text{min}) / [\text{CaCO}_2 - \text{CvCO}_2(\text{ml}/\text{L})]$$

式中: V_{CO_2} 为 CO_2 生成量, CaCO_2 为动脉血 CO_2 含量, CvCO_2 为静脉血 CO_2 含量

该项技术由 Novamatrix 公司研制而成,由一个可任意调节的重复呼吸环、远红外流量传感器及 NICO 监护仪 3 部分组成,连接于患者与呼吸机管路之间,经数次重复呼吸后,重复呼吸环内的 CO_2 浓度达到一平衡状态,经上公式计算出 CO 及其他有关血流动力学参数。

该项技术于 20 世纪 90 年代初期被国外学者应用于动物实验及临床。Gedeon 等^[13]在动物实验中利用该技术 30 s 重复呼吸时间所得到的 CO 与 Swan-Ganz 热稀释法所测结果的 r 值为 0.830,但若重复呼吸时间较长,则预示着气体交换与心血管功能异常。随后 Nevier 等^[14]将该技术应用于慢性阻塞性肺疾病(COPD)患者,与 Swan-Ganz 热稀释法比较的 r 值为 0.920。本研究中经与 Swan-Ganz 热稀释法比较,CO 的 r 值为 0.860,CI 的 r 值为 0.853,SV 的 r 值为 0.877,SVR 的 r 值为 0.849。

NICO 法可自动、及时而连续监测 CO,患者较舒适,但具有一定局限性,例如在非插管患者中不能使用;在呼吸频率过快、通气量较高而 CO_2 低于 18 mm Hg (1 mm Hg = 0.133 kPa) 时,因 CO_2 -血红蛋白(Hb)解离曲线在此水平之下为非线性,故不能测量。

此外,本研究中尚对 PiCCO、NICO 这两种基于不同原理的血流动力学监测技术进行了相关性分析,也得出了十分满意的相关性。

总之,无论有创还是无创,每种测量手段均有各自的优点及局限性,临床上应充分了解每种方法的原理、应用指征及注意事项,最大限度地避免由于人

为因素而产生的误差,使每种装置在应用中能更准确地反映血流动力学状态,尤其是 ICU 中机械通气患者处于十分特殊的病理生理状态,其血流动力学状态是在自身和正压通气二者相互作用下形成的。本研究中证实了 PiCCO、NICO 监测技术可及时、便捷、连续地反映机械通气患者的血流动力学状态,可以帮助临床医生制订出合理有效的治疗对策,并能根据血流动力学参数的动态变化,及时调整治疗方案,发挥最佳疗效,缩短带机时间,提高撤机成功率。

参考文献:

- 1 Shoemaker W C, Appel P L, Kram H B, et al. Prospective trial of supranormal values of survivors as therapeutic goals in high-risk surgical patients[J]. Chest, 1988, 94: 1176 - 1186.
- 2 Connors A F Jr, Speroff T, Dawson N V, et al. The effectiveness of right heart catheterization in the initial care of critically ill patients; SUPPORT investigators [J]. JAMA, 1996, 276: 889 - 897.
- 3 Palmieri T L. The inventors of the Swan - Ganz catheter; H. J. C. Swan and William Ganz [J]. Curr Surg, 2003, 60: 351 - 352.
- 4 Wesseling K H, deWitt B, Weber A P, et al. A simple device for the continuous measurement of cardiac output [J]. Adv Cardio-vasc Phys, 1983, 5: 1 - 52.
- 5 Goedje O, Hoeke K, Lichtwarck-Aschoff M, et al. Continuous cardiac output by femoral arterial thermodilution calibrated pulse contour analysis; comparison with pulmonary arterial thermodilution [J]. Crit Care Med, 1999, 27: 2407 - 2412.
- 6 Buhre W, Weyland A, Kazmaier S, et al. Comparison of cardiac output assessed by pulse-contour analysis and thermodilution in patients undergoing minimally invasive direct coronary artery bypass grafting [J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 1999, 13:

437 - 440.

- 7 Rodig G, Prasser C, Keyl C, et al. Continuous cardiac output measurement; pulse contour analysis vs thermodilution technique in cardiac surgical patients [J]. Br J Anaesth, 1999, 82: 525 - 530.
- 8 Zollner C, Briegel J, Kilger E, et al. Retrospective analysis of transpulmonary and pulmonary arterial measurement of cardiac output in ARDS patients [J]. Anaesthesist, 1998, 47: 912 - 917.
- 9 Mitchell J P, Schuller D, Calandrino F S, et al. Improved outcome based on fluid management in critically ill patients requiring pulmonary artery catheterization [J]. Am Rev Respir Dis, 1992, 145: 990 - 998.
- 10 Buhre W, Bendyk K, Weyland A, et al. Assessment of intrathoracic blood volume; thermo-dye dilution technique vs single-thermodilution technique [J]. Anaesthesist, 1998, 47: 51 - 53.
- 11 Lichtwarck-Aschoff M, Zeravik J, Pfeiffer U J. Intrathoracic blood volume accurately reflects circulatory volume status in critically ill patients with mechanical ventilation [J]. Intensive Care Med, 1992, 18: 142 - 147.
- 12 Sakka S G, Bredle D L, Reinhart K, et al. Comparison between intrathoracic blood volume and cardiac filling pressures in the early phase of hemodynamic instability of patients with sepsis or septic shock [J]. J Crit Care, 1999, 14: 78 - 83.
- 13 Gedeon A, Krill P, Kristensen J, et al. Noninvasive cardiac output determined with a new method based on gas exchange measurements and carbon dioxide rebreathing; a study in animals/pigs [J]. J Clin Monit, 1992, 8: 267 - 278.
- 14 Neviere R, Mathieu D, Riou Y, et al. Carbon dioxide rebreathing method of cardiac output measurement during acute respiratory failure in patients with chronic obstructive pulmonary disease [J]. Crit Care Med, 1994, 22: 81 - 85.

(收稿日期: 2005 - 11 - 29 修回日期: 2006 - 05 - 24)

(本文编辑: 郭方)

• 读者 • 作者 • 编者 •

欢迎订阅 2006 年《中国危重病急救医学》杂志

《中国危重病急救医学》杂志系中华医学会和天津市天和医院主办的中华医学会系列杂志, 是我国急救医学界权威性学术期刊, 为中文核心期刊和中国科技核心期刊。本刊为月刊, 每月 10 日出版, 国际通用 16 开大版本, 内文用 80 克铜版纸印刷, 内容丰富, 且适合各种病理图片印刷。欢迎广大读者到当地邮局办理 2006 年的订阅手续。邮发代号: 6 - 58; 定价: 7.8 元/期, 全年 93.6 元。

订阅本刊的读者如果遇有本刊装订错误, 请将刊物寄回编辑部调换, 我们将负责免费邮寄新刊。

《中国危重病急救医学》杂志已进入美国 NLM《MEDLINE》、美国《化学文摘》(CA)、荷兰《医学文摘》(EM)、俄罗斯《文摘杂志》(AJ)、“中国期刊网”、“中国学术期刊(光盘版)”、“万方数据网络系统 (China Info)”、“中文科技期刊数据库”和“em120.com 危重病急救在线”。投本刊论文作者需对本刊以上述方式使用论文无异议, 并由全部作者或由第一作者全权代表其他作者在版权转让协议和投稿上签字同意。稿酬已在本刊付酬时一次付清, 不同意者论文可不投本刊。本刊设有各种栏目, 欢迎广大作者踊跃投稿。

地址: 天津市和平区睦南道 122 号天和医院内; 邮编: 300050。

(本刊编辑部)