

DOI:10.3724/SP.J.1008.2010.00975

非心脏大手术中不同血流动力学指标对容量不足导致每搏指数低于正常的判断能力

包睿, 范晓华, 邓小明*, 李博, 毛佳

第二军医大学长海医院麻醉科, 上海 200433

[摘要] **目的** 评价非心脏大手术中心率(HR)、平均动脉压(MAP)、中心静脉压(CVP)、肺动脉楔压(PAWP)和每搏量变异度(SVV)对容量不足导致每搏指数(SVI)低于正常的判断能力。**方法** 择期拟行骶骨肿瘤或后腹膜巨大肿瘤手术的患者12例, 麻醉诱导气管插管后行桡动脉穿刺置管和颈内静脉置漂浮导管, 放置完毕后即刻测定HR、MAP、CVP、PAWP、SVV、SVI, 每隔30 min测定1次。如在预定测量时点之前的5 min内为维持血压使用了去氧肾上腺素, 则测量时间推迟到给药后5 min时进行; 如该患者需要持续泵注血管活性药物或强心药物维持灌注压则本例采集数据停止, 否则至手术末期降低七氟烷浓度时止。作HR、MAP、CVP、PAWP、SVV各指标相对 $SVI < 25 \text{ ml/m}^2$ 的ROC曲线, 计算曲线下面积。**结果** SVV判断 $SVI < 25 \text{ ml/m}^2$ 的AUC为0.837; HR、MAP、CVP和PAWP判断 $SVI < 25 \text{ ml/m}^2$ 的AUC分别为0.615、0.647、0.623和0.658。SVV的ROC曲线上约登指数最大值出现在界值为9.5%时, 此时灵敏度为82.4%, 特异度为74.6%。**结论** SVV对容量不足导致SVI低于正常的判断能力中等, HR、MAP、CVP及PAWP的判断能力较低。

[关键词] 血容量不足; 每搏指数; 每搏量变异度; 血流动力学

[中图分类号] R 61

[文献标志码] A

[文章编号] 0258-879X(2010)09-0975-04

Efficacy of different hemodynamic parameters in assessment of low stroke volume index caused by volume deficiency in major non-cardiac surgeries

BAO Rui, FAN Xiao-hua, DENG Xiao-ming*, LI Bo, MAO Jia

Department of Anesthesiology, Changhai Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China

[Abstract] **Objective** To investigate the efficacies of heart rate (HR), mean artery pressure (MAP), central venous pressure (CVP), pulmonary artery wedge pressure (PAWP) and stroke volume variation (SVV) in assessing low stroke volume index (SVI) caused by volume deficiency in major non-cardiac surgeries. **Methods** Twelve patients undergoing sacral or retroperitoneal tumor resection were enrolled in this study. After induction and onset of mechanical ventilation, radial artery was cannulated and connected to FloTrac for BP and SVV monitoring. Swan-Ganz catheter was placed *via* internal jugular vein into the pulmonary artery for CVP, PAWP, and SVI monitoring. HR, MAP, CVP, PAWP, SVV, and SVI were recorded every 30 min. If phenylephrine was injected within 5 min before the time point for data-record, the record should be postponed to 5 min after the injection. If vasoconstrictor or cardiotonic was injected intravenously and continuously to keep the normal blood pressure, the data-record in this patient should be stopped then, otherwise it should be stopped when the concentration of sevoflurane was turned lower at the end stage of the operation. The receiver operating characteristic (ROC) curves of HR, MAP, CVP, PAWP, and SVV were made according to a low stroke volume which was less than 25 ml/m^2 and AUC (area under curve) were counted. **Results** The AUC of SVV for assessment of a low SVI was 0.837, while AUC of HR, MAP, CVP and PAWP were 0.615, 0.647, 0.623, and 0.658, respectively. The highest Youden's index was at the point when SVV was 9.5% in its ROC curve, with a sensitivity of 82.4% and specificity of 74.6%. **Conclusion** SVV is a middle-level effective variable to assess the abnormally low SVI caused by volume deficiency, while HR, MAP, CVP and PAWP have a low efficacy for the same assessment.

[Key words] hypovolemia; stroke volume index; stroke volume variation; hemodynamics

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2010, 31(9):975-978]

非心脏大手术如骨盆肿瘤或后腹膜肿瘤切除术等 往往具有术中出血量大, 循环波动剧烈的特点。准确的

[收稿日期] 2010-04-05 **[接受日期]** 2010-08-03

[作者简介] 包睿, 博士生. E-mail: lbruic@gmail.com

* 通讯作者 (Corresponding author). Tel: 021-81873484, E-mail: deng_x@yahoo.com

容量判断与有效的容量治疗是维持充足的肝脏前负荷,保证有效的心输出量,继而维持循环稳定的关键。以往临床上常用的血流动力学指标如中心静脉压(CVP)、肺动脉楔压(PAWP)等,多是一些静态的、通过压力代容积方法反映肝脏前负荷的指标,受心室顺应性、血管张力、机械通气等因素的影响,给临床准确判断带来困难^[1-2]。研究发现,每搏量变异度(SVV)等功能性血流动力学指标能够较为精准地预测机体对补液治疗的反应性^[3-5],提示该类指标可能更利于对肝脏前负荷作准确的判断。本研究拟观察常用血流动力学指标心率(HR)、平均动脉压(MAP)、CVP、PAWP 和功能性血流动力学指标 SVV 对于容量不足导致每搏指数(SVI)低于正常的判断能力,从而有助于对心功能无异常的患者术中有效的液体管理。

1 材料和方法

1.1 一般资料 随机选择 2008 年 12 月至 2009 年 3 月于第二军医大学长海医院麻醉科择期接受髌骨肿瘤或后腹膜巨大肿瘤手术患者 12 例,ASA I 或 II 级,男性 8 例,女性 4 例,年龄 20~53 岁,体质量(68.0±11.3) kg,身高(166.8±8.7) cm。入选患者均未合并左、右心室功能减退、瓣膜性心脏病、严重心律失常、肺动脉高压、严重外周血管阻塞性病变等疾病。

1.2 麻醉与监测方法 患者术前禁食、禁饮 8 h。入手术室常规监测心电图、脉搏血氧饱和度、无创血压。经外周静脉输注乳酸钠林格液 200 ml 后,改为以 6 ml/(kg·h) 的基础补液速度补充乳酸钠林格液,同时开始实施全身麻醉:静脉注射咪达唑仑 0.04 mg/kg、依托咪酯 0.3 mg/kg、芬太尼 2~3 μg/kg 和罗库溴铵 0.9 mg/kg 行麻醉诱导后气管插管,以 V_T 8~10 ml/kg,通气频率 8~14 次/min 维持 P_{ET}CO₂ 在 30~35 mmHg(1 mmHg = 0.133 kPa),不使用呼气末正压(PEEP),吸呼时间比例 1:2。行桡动脉穿刺置管,连接 FloTrac 传感器和 Vigileo 监测仪监测动脉血压和 SVV。经颈内静脉放置肺动脉导管鞘,固定后放入 Swan-Ganz 导管,监测 CVP、PAWP、SVI。术中吸入 2%~3.5% 七氟烷,间断静脉注射芬太尼、维库溴铵维持麻醉。术中如出现低血压(MAP < 55 mmHg),可酌情给予短效缩血管药去氧肾上腺素 50~100 μg 静注提高血压,和(或)通过加快补液速度,调整体位维持血压,尽量不采用持续泵注多巴胺、去甲肾上腺素、肾上腺素等血管活性药物或强心药物。

1.3 数据采集与整理 在 FloTrac 和 Swan-Ganz 导管均放置完毕后即刻以及此后每间隔 30 min 行同一

时点的 HR、MAP、CVP、PAWP、SVV 与 SVI 监测。如在预定测量时点之前的 5 min 内为升高血压使用了去氧肾上腺素,则测量时间推迟到给药后 5 min 时进行;如该患者需要持续泵注血管活性药物或强心药物(多巴胺、去甲肾上腺素、肾上腺素等)维持灌注压则本例采集数据停止,否则至手术末期降低七氟烷浓度时止。以此降低由于应用血管活性药物收缩血管或强心药物提高心肌收缩力而对 SVI 的影响。

1.4 统计学处理 采用 SPSS 13.0 统计学软件进行分析,作 HR、MAP、CVP、PAWP、SVV 各指标相对 SVI < 25 ml/m² 的 ROC 曲线,计算曲线下面积(AUC)、95% 可信区间,比较以上各指标对容量不足导致 SVI 低于正常的判断能力。根据 Swets 的判断标准^[6],AUC 在 0.5 以下,说明指标没有判断能力,AUC 在 0.5~0.7 之间,判断能力较低,AUC 在 0.7~0.9 之间,判断能力中等,AUC 大于 0.9 判断能力较高。选择判断能力中等或较高的指标,根据 SPSS 生成的灵敏度和(1-特异度)表,寻找约登指数(灵敏度+特异度-1)最大时该指标的界值。

2 结果

所有采集数据为 88 组,图 1 所示为 HR、MAP、CVP、PAWP、SVV 对判断 SVI < 25 ml/m² 的 ROC 曲线,AUC 及 95% 可信区间见表 1。HR、MAP、CVP、PAWP 的 AUC 在 0.5~0.7 之间,对 SVI < 25 ml/m² 的判断能力较低,而 SVV 的 AUC 在 0.7~0.9 之间,对 SVI < 25 ml/m² 的判断能力中等。表 2 显示了不同 SVV 界值时判断的灵敏度和(1-特异度)。

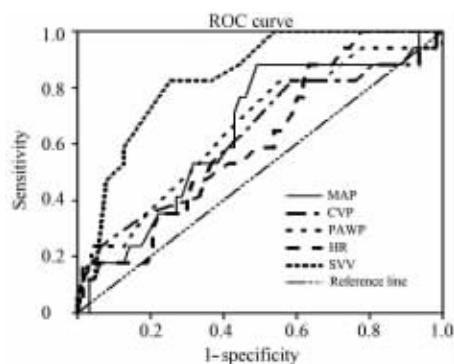


图 1 HR、MAP、CVP、PAWP 和 SVV 对容量不足导致 SVI < 25 ml/m² 的判断曲线

Fig 1 ROC curves of HR, MAP, CVP, PAWP and SVV in assessment of low stroke volume index caused by volume deficiency in major non-cardiac surgeries

HR: Heart rate; MAP: Mean artery pressure; CVP: Central venous pressure; PAWP: Pulmonary artery wedge pressure; SVV: Stroke volume variation; SVI: Stroke volume index

表1 HR、MAP、CVP、PAWP和SVV对容量不足导致SVI<25 ml/m²的AUC和95%可信区间

Tab 1 AUC and 95% confidence interval of HR, MAP, CVP, PAWP and SVV in assessment of low stroke volume index caused by volume deficiency in major non-cardiac surgeries

Parameter	AUC	95% confidence interval
HR	0.615	0.475-0.755
MAP	0.647	0.503-0.790
CVP	0.623	0.464-0.781
PAWP	0.658	0.510-0.806
SVV	0.837	0.742-0.932

AUC: Area under curve

表2 SVV不同阈值判断SVI<25 ml/m²的灵敏度和(1-特异度)

Tab 2 Sensitivity and (1-specificity) when SVI<25 ml/m² at the different critical points

Critical point ^a (%)	Sensitivity	1-specificity
2.000 0	1.000	1.000
3.500 0	1.000	0.984
4.500 0	1.000	0.889
5.050 0	1.000	0.778
5.550 0	1.000	0.762
6.500 0	1.000	0.540
7.500 0	0.882	0.444
8.500 0	0.824	0.365
9.500 0 ^b	0.824	0.254
10.500 0	0.588	0.127
11.500 0	0.529	0.127
12.500 0	0.471	0.079
13.500 0	0.118	0.048
14.500 0	0.118	0.016
17.500 0	0.059	0.000
21.000 0	0.000	0.000

^a: Positive if greater than or equal to. ^b: The highest Youden's index was 0.57, which was at the critical point 9.5% in the ROC curve of SVV, with a sensitivity of 0.824 and specificity of 0.746

3 讨论

出血量大的非心脏大手术术中维持前负荷的正常对维持麻醉平稳非常重要。临床上麻醉药物对HR、MAP的影响往往降低了这2个指标对容量评估的准确性，CVP和PAWP是通过压力代容积方法反映心脏前负荷的指标，会受到心室顺应性、血管张力、机械通气等因素的影响，且近年研究显示放置漂浮导管会增加患者并发症发生率，使死亡率升高^[7]，一定程度上限制了这些监测指标的应用。SVV是近年来用于预测机体对于液体治疗反应性的重要的功能性血流动力学参数^[8-13]。它是在机械通气期间，最高的每搏量(SV_{max})与最低的每搏量(SV_{min})的差值与每搏量平均值(SV_{mean})相比获得

的。已有一些研究比较了SVV和经典的HR、MAP、CVP、PAWP等静态血流动力学指标用于预测心脏对补液试验反应性的差异，表明SVV是一个较好的用来预测心脏接受补液治疗后效果的指标^[3-4]。根据Frank-Starling机制，心功能状态不变条件下，在不同的前负荷基础上心脏接受等量的容量补充之后SV的改变程度是不等的，由此可以推测SVV也有判断前负荷状态的能力。

静息状态人的SV正常范围为60~90 ml，SVI正常范围为25~40 ml/m²。决定SV/SVI的因素有4个方面即前负荷、后负荷、收缩性和心室壁异常活动^[14]。为了观察不同血流动力学指标对于前负荷不足导致SVI低于正常的判断能力，本研究采取下列方法将后3种因素对SVI的影响降低：入选对象均无心脏基础疾病；麻醉深度控制在相似水平；在数据采集阶段只采用短效的去氧肾上腺素作为升压药物，且采集数据时避开药物作用的高峰。同时由于选择的是行非心脏大手术的患者，术中常出现快速大量的失血和补液，容量变化较剧烈，因此前负荷成为SVI波动最主要的因素，所观察的血流动力学指标对SVI低于25 ml/m²的判断能力反映了对前负荷不足的判断能力。

本研究得出HR、MAP、CVP、PAWP对SVI<25 ml/m²的判断能力较低，SVV对SVI<25 ml/m²的判断能力中等。这符合近年来一些研究认为HR、MAP、CVP、PAWP对低血容量休克的早期诊断有一定局限性、与心脏前负荷的相关性不够准确观点^[1-2,15]。SVV对SVI<25 ml/m²的判断能力明显优于传统的HR、MAP、CVP、PAWP等指标，反映了SVV对前负荷不足的判断能力高于上述其他指标。分析SVV的原理可以得出，它不同于在某一时间点得到的静态参数，而是某一时间段内每搏量这一静态参数的变化率，是以心肺交互作用为基本原理的动态指标，综合考虑了循环系统本身和呼吸运动对血流动力学的影响作用，因而对患者循环状态的评价更全面、更准确^[16]。本研究根据表2可以得出：SVV诊断的灵敏度与特异度之和最大值在9.5%时，SVI<25 ml/m²的时点有82.4%测定SVV≥9.5%，而SVI≥25 ml/m²的时点里有74.6%测定SVV<9.5%。因此认为将SVV控制在<9.5%的水平是较为理想的，否则SVI可能因容量不足而低于25 ml/m²。如果出现SVV≥9.5%，可以考虑通过补充容量的方法来提高SVI。但这仅限于心功能无明显异常的情况下，对于心功能不良的患者尚需进一步研究。

一些评价不同指标评估心脏接受补液反应效果的研究显示 SVV 正常值应在 10% ~ 15% 以下^[12,17-18],这与本研究的结果相似。针对脑外科手术患者的研究表明,SVV \geq 9.5%时,给予 100 ml 液体可以至少增加 SVI 5%,其灵敏度为 79%,特异度为 93%^[4]。Mutoh 等^[18]观察蛛网膜下腔出血患者围术期血流动力学变化,发现当 SVV $>$ 10.5%时,预测机体对液体治疗有反应的灵敏度为 67%,特异度为 85%。Hofer 等^[3]在 20 min 内给予拟行非体外循环冠状动脉搭桥术患者输注 10 ml/kg 理想体质量的 6%羟乙基淀粉溶液,发现 SVV \geq 12.5%时,其预测输液后 SVI 增长 \geq 25%的灵敏度为 74%,特异度为 71%。但是该研究的对象为拟行冠脉搭桥术的患者,不能排除受试者心脏功能有不同程度的损害从而影响试验结果。

虽然 SVV 对于容量不足所致的 SVI 低于正常有较传统指标更好的判断能力,且根据以往文献其对预测液体治疗的效果亦具有很好的指导意义,但是它的应用也有一些局限^[9-10,19-20]:(1)SVV 不能用于自主呼吸的患者,不能用于心律失常的患者;(2)机械通气时设定不同的潮气量会影响 SVV 的阈值,要求潮气量不小于 8 ml/kg;(3)若是患者有肺原性心脏病,尚不能解释 SVV 的意义;(4)不同的监测系统进行动脉波形计算方法不同,得出的 SVV 数值可能有差异。此外,容量的评估还不能脱离临床上的综合判断。在麻醉病例中,除了监测 SVV 等指标能够提供辅助诊断帮助外,密切关注手术操作将会给麻醉医师提供第一时间的信息,并且往往能够解释血流动力学变化的原因。结合手术操作、监测指标、患者体征等所有能够观察到的信息进行综合评估,才可以最大程度地掌握患者当前的状态。

综上所述,HR、MAP、CVP 和 PAWP 对因容量不足导致的 SVI 低于正常判断能力较低,SVV 判断能力中等,其约登指数最大值在 9.5%时,将 SVV 控制在 $<$ 9.5%的水平可能有利于避免 SVI 低于 25 ml/m²。

[参考文献]

[1] Marik P E, Baram M, Vahid B. Does central venous pressure predict fluid responsiveness? A systematic review of the literature and the tale of seven mares[J]. *Chest*, 2008, 134: 172-178.

[2] Weyland A, Grüne F. Cardiac preload and central venous pressure[J]. *Anaesthesist*, 2009, 58: 506-512.

[3] Hofer C K, Müller S M, Furrer L, Klaghofer R, Genoni M, Zollinger A. Stroke volume and pulse pressure variation for prediction of fluid responsiveness in patients undergoing off-pump

coronary artery bypass grafting[J]. *Chest*, 2005, 128: 848-854.

[4] Berkenstadt H, Margalit N, Hadani M, Friedman Z, Segal E, Villa Y, et al. Stroke volume variation as a predictor of fluid responsiveness in patients undergoing brain surgery[J]. *Anesth Analg*, 2001, 92: 984-989.

[5] Marik P E, Cavallazzi R, Vasu T, Hirani A. Dynamic changes in arterial waveform derived variables and fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a systematic review of the literature[J]. *Crit Care Med*, 2009, 37: 2642-2647.

[6] Swets J A. Measuring the accuracy of diagnostic systems[J]. *Science*, 1988, 240: 1285-1293.

[7] Shah M R, Hasselblad V, Stevenson L W, Binanay C, O'Connor C M, Sopko G, et al. Impact of the pulmonary artery catheter in critically ill patients: meta-analysis of randomized clinical trials [J]. *JAMA*, 2005, 294: 1664-1670.

[8] De Backer D. Stroke volume variations[J]. *Minerva Anesthesiol*, 2003, 69: 285-288.

[9] Pinsky M R, Payen D. Functional hemodynamic monitoring[J]. *Crit Care*, 2005, 9: 566-572.

[10] Cavallaro F, Sandroni C, Antonelli M. Functional hemodynamic monitoring and dynamic indices of fluid responsiveness[J]. *Minerva Anesthesiol*, 2008, 74: 123-135.

[11] Manecke G R, Auger W R. Cardiac output determination from the arterial pressure wave: clinical testing of a novel algorithm that does not require calibration [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2007, 21: 3-7.

[12] McGee W T, Horswell J L, Calderon J. Validation of a continuous cardiac output measurement using arterial pressure waveforms[J]. *Critical Care*, 2005, 9(Suppl 1): 24-25.

[13] Manecke G R. Edwards FloTrac sensor and Vigileo monitor: easy, accurate, reliable cardiac output assessment using the arterial pulse wave[J]. *Expert Rev Med Devices*, 2005, 2: 523-527.

[14] 庄心良, 曾因明, 陈伯玺. 现代麻醉学[M]. 3版. 北京: 人民卫生出版社, 2003: 88-94.

[15] 中华医学会重症医学分会. 低血容量休克复苏指南(2007)[J]. *中国实用外科杂志*, 2007, 27: 581-587.

[16] Vignon P. Hemodynamic assessment of critically ill patients using echocardiography Doppler[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2005, 11: 227-234.

[17] Reuter D A, Felbinger T W, Schmidt C, Kilger E, Goedje O, Lamm P, et al. Stroke volume variations for assessment of cardiac responsiveness to volume loading in mechanically ventilated patients after cardiac surgery[J]. *Intensive Care Med*, 2002, 28: 392-398.

[18] Mutoh T, Ishikawa T, Nishino K, Yasui N. Evaluation of the FloTrac uncalibrated continuous cardiac output system for perioperative hemodynamic monitoring after subarachnoid hemorrhage[J]. *J Neurosurg Anesthesiol*, 2009, 21: 218-225.

[19] Monnet X, Teboul J L. Volume responsiveness[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2007, 13: 549-553.

[20] Michard F. Volume management using dynamic parameters: the good, the bad, and the ugly[J]. *Chest*, 2005, 128: 1902-1903.