

每博量变异度在肝脏切除术中的应用

孔繁青¹, 阿良德^{2*}

¹青海大学, 青海 西宁

²青海大学附属医院, 青海 西宁

收稿日期: 2022年11月2日; 录用日期: 2022年11月28日; 发布日期: 2022年12月6日

摘要

肝脏具有丰富而独特的血供, 术中易大量出血, 影响循环及内环境稳定。每博量变异度(Stroke volume variation, SVV)是预测液体反应性, 围术期目标导向液体治疗的重要动态监测指标。因其连续动态、数据快速、操作简单等明显特点, 近年来被临床广泛使用。本文从肝脏手术特点、传统容量监测指标、SVV的基本原理、临床应用及其影响因素等方面进行综述, 为临床上肝脏手术围术期麻醉补液做出参考。

关键词

每博量变异度, 肝脏切除术, 控制性低中心静脉压, 容量监测

Application of Stroke Volume Variation in Hepatectomy

Fanqing Kong¹, Liangde A^{2*}

¹Qinghai University, Xining Qinghai

²Affiliated Hospital of Qinghai University, Xining Qinghai

Received: Nov. 2nd, 2022; accepted: Nov. 28th, 2022; published: Dec. 6th, 2022

Abstract

The liver has a rich and unique blood supply, which is prone to heavy bleeding during the operation, which affects the circulation and the stability of the internal environment. Stroke volume variation (SVV) is an important dynamic monitoring index for predicting fluid responsiveness and perioperative goal-directed fluid therapy. Because of its obvious characteristics such as continuous dynamic, fast data and simple operation, it has been widely used in clinical practice in re-

*通讯作者。

cent years. This article reviews the characteristics of liver surgery, traditional volume monitoring indicators, the basic principle of SVV, clinical application and its influencing factors, and provides a reference for perioperative anesthesia and fluid replacement in clinical liver surgery.

Keywords

Stroke Volume Variation, Hepatectomy, Controlled Low Central Venous Pressure, Capacity Monitoring

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国是乙肝大国, 肝脏疾病发生率较高, 肝脏切除术应运而生用于治疗各种原发性肝癌、肝包虫病等肝脏占位性疾病。但因肝脏丰富而独特的供血系统, 再加上手术时长较长, 创伤大等原因, 术中大量出血不仅影响术野, 且增加了术中及术后的处理困难。患者术后认知功能障碍、急性肾损伤等并发症发生率增加[1] [2] [3]。而大量输血可增加凝血功能障碍的发生率, 输血患者 PT、APTT、TT 水平较对照组明显提高[4] [5]。所以在采取合适的容量负荷的同时要减少失血量, 保证器官灌注、氧供及细胞氧合平衡一直是肝脏切除手术麻醉管理的重要研究方向[6]。

2. 肝脏切除术及控制性低中心静脉压

近年来, 在临床上肝脏手术除了采用外科肝门阻断技术来减少术中输血量 and 出血量外, 其中一项重要的麻醉技术, 控制性低中心静脉压(CLCVP)也运用与此[7] [8]。其原理是把入肝血流经外科阻断后, 这时肝静脉与肝血窦是肝脏断面主要的出血来源[9]。解读泊肃叶层流公式可知肝窦的压力受到肝静脉压力的影响, 肝静脉压力又与 CVP 有直接联系。因此, 降低肝静脉压力, 减少肝静脉壁内外压力梯度差, 同时可以缩小肝静脉直径, 进而可明显减少肝静脉损伤时出血量。由于肝静脉管腔大、管壁薄, 且没有静脉瓣, 肝静脉压力受到下腔静脉压(Inferior vena cava pressure, IVCP)压力的影响, 有研究证明 ICVP 和 CVP 平均差别为 0.33 mmHg, 两者具有良好相关性[10]。因此, 降低 CVP 可以降低 ICVP, 最终降低肝静脉和肝窦压力, 使病人术中出血量明显减少。同时, CLCVP 技术还能使下腔肝静脉及其分支塌陷减少手术操作原因造成的损伤, 缩短手术时间[11] [12]。CLCVP 是指运用麻醉药物, 调整患者体位、限制输液等方式使 $CVP \leq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$, 维持血流动力学稳定在一定范围内, 保持重要器官灌注的同时以减少围术期出血量为主要目标的技术。黄微[13]在 30 例肝叶切除术过程中运用 CLCVP, 围手术期肝酶学指标在术后第三天开始指标逐渐恢复正常, 所以低中心静脉压对肝功能只是短时间影响。黄德辉[14]在联合 ERAS 时, CLCVP 对围术期肾功能及免疫功能影响较小, 失血量减少。尤其在进行操作困难、易损伤肝静脉的肝叶切除手术中, 出血量减少更为明显。但刘丽丽[15]通过 98 例病患发现对照组较实验组 TnT 在不同时点上低, CLCVP 对心功能有一定不利影响。虽然控制性低中心静脉压是肝切除手术的黄金麻醉标准, 但是 CVP 是一个静态指标, 对左心室舒张末期容积和右心房前负荷的反映有一定局限性, 且容易受到导管位置、输液速度、气腹、患者体位等多种因素的影响, 会给临床判断带来错误引导[16] [17]。也有学者证实[6] [18] CVP 及 PCWP 对心脏舒张末期容积指数缺少相关性, 而且易受到胸腔内压力和心脏收缩力等因素的影响, 对容量变化的反应性较差。因此单纯依靠 CVP 指标来指导液体治疗是有缺点的, 临床上急需

能动态反映容量变化的指标。

3. 每搏量变异度

近年来, 为了判断患者对目标液体治疗的反应灵敏度, 在机械通气患者中运用动态监测指标, 如脉压变异度、每搏量变异度等。这些指标的基本原理是循环与呼吸系统相互作用[19]。在机械通气吸气相时, 胸腔内压力增大, 右心房压力增大, 导致静脉回心血量减少, 相应的右心室前负荷减少即肺静脉血供减少。同时, 胸腔内压力增高使得跨肺压增大, 肺静脉毛细血管内的大量血液挤压进左心室, 左心室充盈量增加, SV 增大[20] [21]。因此, 吸气相时右心室每搏量降至最低, 而此时左心室搏出量增至最大。这个过程在经过 2~3 个循环后出现左心室搏出量延迟性降低[19]。所以这种周期性的变化反映了左心室舒张末期容积变化, 也体现了血容量的变化。每搏量的差值越大, 说明有效循环血量越不足。因此麻醉医生可以通过观察每搏量变异度数据来监测患者液体容量变化, 防止出现小容量低灌注或者因输液量过多而导致组织水肿进而术后感染率和病死率增加[22] [23]。有研究表明, SVV 可以预测机械通气患者的液体反应性。每搏量变异度计算公式 $SVV = (SV_{max} - SV_{min}) / SV_{mean}$ [24]。正常参考值 < 13%, 其数值越大, 表明有效容量越缺乏。每搏量变异度的敏感性可以用低容量下 SVV 的产生机制来解释, 根据心功能曲线, 当人体血容量减少时, 左心室前负荷降低, 此时处于 Frank-Starling 曲线的上升阶段, 给予一定液体, 每搏量变化明显, SVV 值相应增加, 且可以较为准确判断心脏前负荷。当处于高血容量状态时, 左心室前负荷较高, 此时处于曲线平台阶段, 左室搏出量较少受到输入液体量的影响, SVV 值变化不大。因此, SVV 在低血容量下对心脏前负荷的反映灵敏度是可靠的。Hofer 等[25] [26]的研究发现, 当 SVV 以 9.6% 为标准时, 预测心脏容量的特异性为 83%, 灵敏度为 91%。研究者[27]对 50 例精准肝切除手术中应用 SVV 进行补液, 保证 $SVV < 12\%$ 且 $CVP < 5 \text{ cmH}_2\text{O}$, 术中低血压发生率降低, 与 LCVP 组相比较, SVV 组患者乳酸值在切皮 4 小时及手术结束时下降明显。而且 SVV 指导的不同目标值分阶段液体治疗更有利于保证有效肝血流、保护肝功能、最大限度保护剩余肝组织氧供耗比, 促进术后胃肠道功能恢复, 减少组织水肿等术后并发症, 改善预后[28]。总之, SVV 作为一个连续性动态指标, 对肝脏手术过程中容量变化的反应性较好, 在保证重要脏器灌注的同时减少失血, 优化了术中液体管理。

4. FloTrac/Vigileo 监测系统

目前临床上连续监测 SVV 指标主要采用一款于 2005 年开始运用于临床的新的监测工具——FloTrac/Vigileo 监测系统, 它通过分析动脉压力波形来计算患者 CO、CI、SV、SVI、SVV 等数据, 此外, 患者的中心静脉压还可以与 Vigileo 处理器中的信息整合, 进而可推算出体循环阻力(SVR)和体循环阻力指数(SVRI) [29]。在使用时只需将外周动脉导管与特定传感器相连即可监测, 操作过程简单、创伤小、并发症少, 数据自动提供、解读快速, 稍作培训就能熟练掌握并使用, 而且它在预测机械通气情况下机体对液体的反应性、敏感性和特异性都较好。所以近年来被广泛应用于各种手术。Mayer 等人[30]的研究表明, FloTrac/Vigileo 系统指导的术中液体管理将影响患者住院时间长短以及并发症的发生率。有国外研究者[31]在感染性休克病人上通过比较 FloTrac/Vigileo 系统与间隔热稀释法对心排量的监测, 结果可推知两种方法对心排量的监测结果有很好的相关性。Furukawa 等人[32]发现在对心脏功能正常的心脏转流术患者术中术后不同时间点观察时, FloTrac/Vigileo 系统与 Swan-Ganz 导管具有良好相关性。在腹腔镜肝部分切除手术中, 该系统的应用将循环波动较大的围术期麻醉管理变得更加安全、合理[33]。

当然 FloTrac/Vigileo 系统也是有局限性的, SVV 在实际监测过程中易受到通气模式、潮气量、呼吸频率、气道压力及心律失常的影响。有研究发现[34], 当术中机械通气呼吸频率 ≥ 16 次/分钟时, SVV 对患者容量变化反映灵敏度下降。在动物实验中发现相较于 5 ml/Kg, 当潮气量控制在 10 ml/Kg 及 15

ml/Kg 时 SVV 对容量反映最为敏感[35]。若患者有心律失常、心脏瓣膜疾病或者主动脉内球囊反搏等情况时,并不适用于该系统[36]。

因此,在肝脏切除术中可以通过 FloTrac/Vigileo 监测系统监测 SVV 的变化,同时还能得到更多动态数据,不再仅凭传统静态参数,让围术期麻醉补液过程变得更加安全合理。

5. 总结

综上所述,SVV 作为一个连续性动态指标,对容量液体反应敏感性和特异性都较高,在肝脏手术围术期麻醉管理中对目标导向液体治疗具有重要意义,其依附的 FloTrac/Vigileo 监测系统经过四代的更新优化,技术监测的准确性也逐步提高。所以,在肝脏手术中引入新指标 SVV 来监测有效容量已成为趋势,它将在临床上辅助、联合 CVP 为手术优化液体管理、减少失血提供更多可能。

参考文献

- [1] 吴雪. 每搏量变异度指导围术期目标导向性液体治疗的 Meta 分析[D]: [博士学位论文]. 济南: 山东大学, 2013.
- [2] Bogner, A., Reissfelder, C., Striebel, F., *et al.* (2019) Intraoperative Increase of Portal Venous Pressure Is an Immediate Predictor of Posthepatectomy Liver Failure after Major Hepatectomy: A Prospective Study. *Annals of Surgery*, **274**, e10-e17. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000003496>
- [3] Huang, H.C., Lu, X., Yang, H.Y., *et al.* (2019) Acute Kidney Injury after Associating Liver Partition and Portal Vein Ligation for Staged Hepatectomy for Hepatocellular Carcinoma: Two Case Reports and a Literature Review. *Annals of Translational Medicine*, **7**, Article No. 795. <https://doi.org/10.21037/atm.2019.11.99>
- [4] Li, C.H., Chau, G.Y., Lui, W.Y., *et al.* (2003) Risk Factors Associated with Intra-Operative Major Blood Loss in Patients with Hepatocellular Carcinoma Who Underwent Hepatic Resection. *Journal of the Chinese Medical Association: JCMSA*, **66**, 669-675.
- [5] 曾思思, 吴乐, 高晓沛, 汪芳俊. 围手术期目标导向液体治疗对凝血功能的影响[J]. 国际麻醉学与复苏杂志, 2022, 43(5): 509-513.
- [6] Zimmermann, M., Feibicke, T., Keyl, C., *et al.* (2009) Accuracy of Stroke Volume Variation Compared with Pleth Variability Index to Predict Fluid Responsiveness in Mechanically Ventilated Patients Undergoing Major Surgery. *European Journal of Anaesthesiology*, **27**, 555-561. <https://doi.org/10.1097/EJA.0b013e328335fbd1>
- [7] 郭宗锋, 陈为国, 王祥. 控制性低中心静脉压技术用于肝脏手术的研究现状[J]. 右江医学, 2018, 46(1): 108-111.
- [8] Yusuke, U., Kojiro, T., Takahiro, N., *et al.* (2021) Laparoscopic versus Open Liver Resection for Hepatocellular Carcinoma: A Case Controlled Study with Propensity Score Matching. *World Journal of Surgery*, **45**, 2572-2580. <https://doi.org/10.1007/s00268-021-06115-2>
- [9] 石雪朵, 李冰冰. 控制性低中心静脉压在肝脏切除术中的应用[J]. 临床麻醉学杂志, 2021, 37(8): 871-874.
- [10] Yung, M. and Butt, W. (1995) Inferior Vena Cava Pressure as an Estimate of Central Venous Pressure. *Journal of Paediatrics and Child Health*, **31**, 399-402. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1754.1995.tb00846.x>
- [11] Koea, J. (2005) Getting Started as a Hepatobiliary Surgeon: Lessons Learned from the First 100 Hepatectomies as a Consultant. *The New Zealand Medical Journal*, **118**, U1322.
- [12] 林成新, 郭雅, 刘敬臣, 黎乐群, 何文政, 王喜军, 李英英, 彭民浩. 低中心静脉压对肝叶切除病人术中出血及肾功能的影响[J]. 中国实用外科杂志, 2006(3): 186-188.
- [13] 黄微, 黎阳, 阮林, 陈肖东, 黄宇, 付杨, 黄冰. 控制性低中心静脉压对肝细胞肝癌切除术患者围手术期肝功能的影响[J]. 肿瘤预防与治疗, 2015, 28(1): 13-17.
- [14] 黄德辉, 谢海辉, 张曙. 控制性低中心静脉压联合促进术后恢复在肝叶切除术患者中的应用[J]. 广东医学, 2015, 36(8): 1213-1216. <https://doi.org/10.13820/j.cnki.gdyx.2015.08.016>
- [15] 刘丽丽, 王庆东. 控制性低中心静脉压对肝叶切除术患者 A-aDO₂、RI、BUN、Cr 及 TnT 水平的影响[J]. 中国医学创新, 2021, 18(19): 143-146.
- [16] McGee, D.C. and Gould, M.K. (2003) Preventing Complications of Central Venous Catheterization. *The New England Journal of Medicine*, **348**, 1123-1133. <https://doi.org/10.1056/NEJMra011883>
- [17] Biancofiore, G., Critchley, L.A.H., Lee, A., *et al.* (2009) Evaluation of an Uncalibrated Arterial Pulse Contour Cardiac Output Monitoring System in Cirrhotic Patients Undergoing Liver Surgery. *British Journal of Anaesthesia*, **102**, 47-54.

- <https://doi.org/10.1093/bja/aen343>
- [18] Kumar, A., Anel, R., Bunnell, E., *et al.* (2004) Pulmonary Artery Occlusion Pressure and Central Venous Pressure Fail to Predict Ventricular Filling Volume, Cardiac Performance, or the Response to Volume Infusion in Normal Subjects. *Critical Care Medicine*, **32**, 691-699. <https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000114996.68110.C9>
- [19] Michard, F. and Teboul, J.L. (2000) Using Heart-Lung Interactions to Assess Fluid Responsiveness during Mechanical Ventilation. *Critical Care (London, England)*, **4**, 282-289.
- [20] 陈宇, 刘永勤. 每搏量变异度及脉搏压变异度在腹部手术中预测液体反应的价值研究[J]. 人民军医, 2015, 58(4): 384-386.
- [21] Slagt, C., Helmi, M., Malagon, I., *et al.* (2015) Calibrated versus Uncalibrated Arterial Pressure Waveform Analysis in Monitoring Cardiac Output with Transpulmonary Thermodilution in Patients with Severe Sepsis and Septic Shock: An Observational Study. *European Journal of Anaesthesiology*, **32**, 5-12. <https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000000173>
- [22] 曾子洋, 高静, 陈林, 鲁开智, 易斌. 每搏量变异度联合控制性低中心静脉压指导肝癌切除术患者容量治疗的效果[J]. 中华麻醉学杂志, 2017, 37(8): 968-971.
- [23] Juri, T., Suehiro, K., Tsujimoto, S., *et al.* (2018) Pre-Anesthetic Stroke Volume Variation Can Predict Cardiac Output Decrease and Hypotension during Induction of General Anesthesia. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, **32**, 415-422. <https://doi.org/10.1007/s10877-017-0038-7>
- [24] 洪毅, 叶建荣, 郑宏, 郭海. 每搏变异度与维持低中心静脉压对半肝切除术患者肝肾功能和出血量的影响[J]. 临床麻醉学杂志, 2013, 29(9): 844-846.
- [25] Hofer, C.K., Senn, A., Weibel, L., Zollinger, A. (2008) Assessment of Stroke Volume Variation for Prediction of Fluid Responsiveness Using the Modified FloTrac and PiCCOplus System. *Critical Care (London, England)*, **12**, R82. <https://doi.org/10.1186/cc6933>
- [26] Zhang, Z.H., Lu, B.L., Sheng, X.Y. and Jin, N. (2011) Accuracy of Stroke Volume Variation in Predicting Fluid Responsiveness: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Anesthesia*, **25**, 904-916. <https://doi.org/10.1007/s00540-011-1217-1>
- [27] 李冰冰, 董媛媛, 蒋忠, 毛暲, 周铁, 仇毓东, 马正良. 以每搏量变异为指导的液体治疗对精准肝切除术患者乳酸和术后肝肾功能的影响[J]. 临床麻醉学杂志, 2014, 30(9): 837-841.
- [28] 郭云飞, 李建玲, 牛彦艳, 马亭亭. 允许性高每搏量变异度在老年患者腹腔镜肝切除术中的应用[J]. 临床麻醉学杂志, 2022, 38(4): 351-355.
- [29] Pratt, B., Roteliuk, L., Hatib, F., Frazier, J. and Wallen, R.D. (2007) Calculating Arterial Pressure-Based Cardiac Output Using a Novel Measurement and Analysis Method. *Biomedical Instrumentation & Technology*, **41**, 403-411. [https://doi.org/10.2345/0899-8205\(2007\)41\[403:CAPCOU\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2345/0899-8205(2007)41[403:CAPCOU]2.0.CO;2)
- [30] 廖志敏, 倪娟. Flo Trac/Vigileo 系统的临床应用进展[J]. 西部医学, 2017, 29(2): 284-287.
- [31] Slagt, C., Beute, J., Hoeksema, M., *et al.* (2010) Cardiac Output Derived from Arterial Pressure Waveform Analysis without Calibration vs. Thermodilution in Septic Shock: Evolving Accuracy of Software Versions. *European Journal of Anaesthesiology*, **27**, 550-554. <https://doi.org/10.1097/EJA.0b013e3283333a92>
- [32] Furukawa, H., Ohkado, A., Nagashima, M., Ohsawa, H. and Ichikawa, S.-I. (2013) Clinical Evaluation of Intraoperative Cardiac Output Measurement by a New Arterial Pressure Waveform Analysis Method (FloTrac/Vigileo) in Open Heart Surgery. *Kyobu Geka. The Japanese Journal of Thoracic Surgery*, **66**, 775-783.
- [33] 高成顺, 熊君宇. FloTrac/Vigileo 系统在腹腔镜肝部分切除术患者围术期血流动力学监测中的应用[J]. 大连医科大学学报, 2015, 37(2): 161-164.
- [34] De Backer, D., Taccone, F.S., Holsten, R., Ibrahim, F. and Vincent, J.-L. (2009) Influence of Respiratory Rate on Stroke Volume Variation in Mechanically Ventilated Patients. *Anesthesiology*, **110**, 1092-1097. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e31819db2a1>
- [35] Renner, J., Cavus, E., Meybohm, P., *et al.* (2007) Stroke Volume Variation during Hemorrhage and after Fluid Loading: Impact of Different Tidal Volumes. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, **51**, 538-544. <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.2007.01282.x>
- [36] McGee, W.T., Horswell, J.L., Calderon, J., *et al.* (2007) Validation of a Continuous, Arterial Pressure-Based Cardiac Output Measurement: A Multicenter, Prospective Clinical Trial. *Critical Care (London, England)*, **11**, R105. <https://doi.org/10.1186/cc6125>