

论著·临床研究 doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2023.21.008
网络首发 https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20231011.1402.004(2023-10-11)

每搏量变异度对侧卧折刀位机器人辅助腔镜手术 患者容量反应性的预测价值

冉景航¹,林显健¹,曾榆芙¹,孙 怡^{2△}

(1. 广东省心血管病研究所,广州 510080;2. 广东省人民医院/广东省医学科学院麻醉科,广州 510080)

[摘要] **目的** 探讨每搏量变异度(SVV)对侧卧折刀位机器人辅助腔镜手术患者容量反应性的预测价值。**方法** 选取2021年10月至2022年5月在广东省人民医院接受侧卧折刀位下机器人辅助腔镜手术治疗的33例患者为研究对象。按照补液试验后每搏输出量(SV)升高是否 $\geq 10\%$ 将所有患者分为容量反应阳性(Rs)组与容量反应阴性(NRs)组。在麻醉诱导后气腹建立完成时行补液试验,分别记录两组补液试验前后心率(HR)、平均动脉压(MAP)、SV、心输出量(CO)、心指数(CI)、中心静脉压(CVP)和SVV。采用Pearson相关性分析,曲线下面积(AUC)评估各指标对患者容量反应性的预测能力。**结果** 33例患者中Rs组16例,NRs组17例,两组一般资料和术中情况比较差异无统计学意义($P>0.05$)。SV变化值与SVV相关($r=0.348, P=0.047$),与MAP、CO、CVP不相关($r=-0.303, -0.160, 0.068, P>0.05$)。SVV的AUC为0.858,明显大于MAP、HR、CVP等血流动力学指标,SVV的诊断阈值为14%,灵敏度为81.25%,特异度为23.53%。**结论** 在侧卧折刀位下行机器人辅助腔镜手术时SVV可较好地预测患者的容量反应性。

[关键词] 每搏量变异度;侧卧折刀位;机器人辅助腔镜手术;容量反应性;动态血流动力学指标
[中图法分类号] R614.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2023)21-3246-07

Predictive value of stroke volume variation on volume responsiveness of patients undergoing robot-assisted endoscopic surgery with lateral jackknife position

RAN Jinghang¹, LIN Xianjian¹, ZENG Yufu¹, SUN Yi^{2△}

(1. Guangdong Provincial Cardiovascular Diseases Institute, Guangzhou, Guangdong 510080, China ;
2. Department of Anesthesiology, Guangdong Provincial People's Hospital /Guangdong Provincial Academy of Medical Sciences, Guangzhou, Guangdong 510080, China)

[Abstract] **Objective** To explore the predictive value of stroke volume variation (SVV) for the volume responsiveness of the patients undergoing robot-assisted laparoscopic surgery with lateral jackknife position. **Methods** A total of 33 patients receiving robot-assisted urological surgery with lateral jackknife position in Guangdong Provincial People's Hospital from October 2021 to May 2022 were selected as the research subjects and divided into the volume response positive (Rs) group and the volume response negative (NRs) group according to whether the stroke volume (SV) increase $\geq 10\%$ after rehydration test. After completing the pneumoperitoneum establishment after anesthesia induction, the fluid infusion test was conducted, and the heart rate (HR), mean arterial pressure (MAP), SV, cardiac output (CO), cardiac index (CI), central venous pressure (CVP) and SVV were recorded before and after the fluid infusion test. The Pearson correlation analysis and area under curve (AUC) were used to evaluate the predictive ability of each index on the patients' volume responsiveness. **Results** Among all 33 patients, 16 cases were enrolled in the Rs group and 17 cases were enrolled in the NRs group, respectively. There was no statistically significant difference in the general data and intraoperative conditions between the two groups ($P>0.05$). The change value of SV was correlated to SVV ($r=0.348, P=0.047$), but had no correlated to MAP, CO and CVP ($r=-0.303, -0.160, 0.068, P>0.05$). AUC of SVV was 0.858, which was significantly higher than the hemodynamic indexes such as MAP, HR and CVP. The diagnostic threshold value of SVV was 14%, the sensitivity was 81.25% and the specificity was

作者简介:冉景航(1997—),住院医师,硕士,主要从事麻醉学相关研究。 △ 通信作者,E-mail:591978939@qq.com。

23.53%。**Conclusion** SVV could well predict the volume responsiveness of the patients during robot-assisted endoscopic surgery in the lateral jackknife position.

[Key words] stroke volume variation;lateral jackknife position;robot-assisted endoscopic surgery;volume responsiveness;dynamic hemodynamic index

达芬奇机器人系统在泌尿外科的应用越来越广泛,但在临床实践中机器人辅助腔镜手术的高气腹压力对循环灌注有较大影响,因此液体治疗维持术中血流动力学稳定是术中管理的重要部分。不恰当的术中容量输注对患者有害^[1-2],补液过多可导致容量超负荷,出现脏器水肿,损害器官功能;而补液不足则导致循环血量不足,造成灌注不足,引发脏器缺血缺氧^[3],所以使用有效的指标评估患者的容量反应性具有重要的意义。传统静态血流动力学指标被证明在腔镜手术中不能准确反映右室的前负荷^[4-5],而动态血流动力学指标每搏量变异度(stroke volume variation,SVV)等预测患者液体反应性的灵敏度和准确性较高^[6-9]。泌尿外科常见手术——机器人辅助腔镜下的肾脏和肾上腺切除术所使用的体位不同于普通的侧卧位,其要求头和下肢放低,腰部垫高,使得整个身体呈拱形,通常称为侧卧折刀位,此体位对患者的病理生理改变及相应的血流动力学的影响逐渐成为关注的热点。目前尚未有该体位下机器人辅助腔镜手术的动态循环衡量指标,故本试验旨在探索侧卧折刀位下行机器人辅助腔镜手术时,SVV 能否预测患者的容量反应性。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2021 年 10 月至 2022 年 5 月在广东省人民医院接受侧卧折刀位下机器人辅助腔镜手术治疗的 34 例患者。本研究经广东省人民医院伦理委员会审批(KY-Q-2021-188-02),患者及家属签署知情同意书。纳入标准:(1)年龄 ≥ 18 岁,性别不限;(2)ASA 分级 I~III 级;(3)拟在侧卧折刀位下行机器人辅助腔镜手术。排除标准:(1)有严重的心血管病史,包括充血性心力衰竭、严重心绞痛发作、心内分流、心脏瓣膜疾病和肺动脉高压或 6 个月内曾发生不稳定心绞痛或心肌梗死;(2)存在任一干扰 Vigileo/Flotrac 系统结果准确性的情况,如术前有心律失常、慢性阻塞性肺病、肺大泡、哮喘等影响肺顺应性及胸腔压力或不适宜行大容量通气的呼吸道疾病史、严重周围血管疾病史及肾功能不全。本研究使用软件 MedCalc (Version 20.010-64-bit)计算样本量,设置 I 类错误为 0.05,II 类错误为 0.10,参考 LIU 等^[10]的文献数据,输入预计 ROC 曲线下面积(AUC)为 0.85,原假设为 0.50,根据预试验输入阳性与阴性组间样本量比例为 2:1,

所需样本量为 27 例,按照脱落率为 20%,需要入组患者 34 例。本试验为干预前后自身对照,按照纳入及排除标准共计 34 例患者纳入研究,1 例患者由于术中突发心律失常脱落出组,最终共 33 例患者入组。

1.2 方法

患者入手术室后常规面罩吸氧,监测指脉氧饱和度、无创血压、心电图和麻醉深度,开放外周静脉通路,局部麻醉下行桡动脉和颈内静脉穿刺置管并接传感器测压,术前使用复方电解质注射液(上海百特医疗用品有限公司,国药准字 H20000475)按“4-2-1 法则”补充生理需要量、补偿性扩容量和累计缺失量。麻醉诱导:静脉注射咪达唑仑 0.05 mg/kg、舒芬太尼 0.1~5.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、顺式阿曲库铵 0.15 mg/kg、异丙酚 1.5~2.5 mg/kg 进行全身麻醉诱导后气管插管,连接呼吸机,设置容量控制模式,调整呼吸机参数设置,潮气量 8~10 mL/kg,吸呼比 1:2,通气频率根据呼气末二氧化碳分压(partial pressure of carbon dioxide in endexpiratory gas, PetCO_2)调节,维持 PetCO_2 在 35~45 mmHg。术中常规补液按生理需要量及出血量使用复方电解质注射液、羟乙基淀粉 130/0.4 电解质注射液(北京费森尤斯卡比医药有限公司,国药准字 H20130006)。麻醉维持:使用顺式阿曲库铵 1~3 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 、瑞芬太尼 0.05~0.50 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 、异丙酚 4~12 mg $\cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 恒速静脉输注并根据需要调节药物速度维持麻醉深度 Narcotrend 值在 D0~D2。在麻醉诱导和各项有创操作完成后,将患者体位调整为侧卧折刀位,腹腔内注入二氧化碳形成气腹。设定气腹压力为 12 mmHg 并维持此水平。当实际压力大于 12 mmHg 时机器将会报警并启动排气器降低气腹压力。气腹建立后正常开始机器人辅助腔镜手术,在气腹建立稳定后 3 min 进行液体反应性试验,10 min 内经静脉快速输注羟乙基淀粉 130/0.4 电解质注射液 250 mL,观察患者的液体反应性。根据补液试验后每搏输出量(stroke volume,SV)升高是否 $\geq 10\%$ 将患者分为容量反应阳性(Rs)组和容量反应阴性(NRs)组,容量反应阳性表明该患者在进行补液后可以提高每搏量。

1.3 观察指标

于 T_0 (气腹建立稳定后 3 min,补液试验前)和 T_1 (补液试验后 3 min)时间点,待患者血流动力学参数稳定后记录患者心率(heart rate,HR)、平均动脉压

(mean arterial pressure, MAP)、SV、心输出量(cardiac output, CO)、心指数(cardiac index, CI)、中心静脉压(central venous pressure, CVP)、SVV 等指标, 所有指标值均测量 3 次取平均值。

1.4 统计学处理

采用 SPSS25.0 软件进行统计学分析。正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组间比较采用 t 检验; 偏态分布的计量资料以 $M(IQR)$ 表示, 组间比较采用非参数 Wilcoxon 秩和检验; 计数资料以例数或百分比表

示, 组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法; 采用 Pearson 相关性分析, AUC 评估各指标的预测能力。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组一般情况与术中情况对比

两组患者性别、年龄、ASA 分级、身高、体重、手术类型、侧卧方向、BMI 值、手术时长和术中出血量比较差异均无统计学意义($P > 0.05$), 见表 1。

表 1 两组一般资料和术中情况对比

项目	Rs 组($n=16$)	NRs 组($n=17$)	$t/\chi^2/Z$	P
性别(n)			0.029	0.866
男	8	9		
女	8	8		
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	51.81 $\pm$ 13.32	52.35 $\pm$ 14.52	0.111	0.912
身高($\bar{x} \pm s$, cm)	165.44 $\pm$ 6.60	162.65 $\pm$ 6.23	-1.132	0.266
体重($\bar{x} \pm s$, kg)	66.13 $\pm$ 14.42	63.97 $\pm$ 13.11	-0.429	0.671
BMI($\bar{x} \pm s$, kg/m ²)	23.97 $\pm$ 4.29	24.00 $\pm$ 3.79	0.020	0.984
ASA 分级(n)			1.005	0.316
I 级	1	3		
II 级	15	14		
III 级	0	0		
手术类型(n)			1.635	0.802
肾上腺切除术	4	5		
肾部分切除术	6	7		
单侧肾全切术	4	3		
肾盂输尿管切除术	1	2		
腹膜后肿物切除术	1	0		
侧卧方向(n)			0.732	0.392
右	9	12		
左	7	5		
手术时长[$M(IQR)$, min]	198.50(102.25)	155.00(112.50)	2.752	0.097
血红蛋白($\bar{x} \pm s$, g/L)	125.56 $\pm$ 24.92	130.94 $\pm$ 23.90	0.590	0.560
术中出血量[$M(IQR)$, mL]	20(40)	30(30)	1.314	0.252
既往高血压史(n)	6	2	2.972	0.085
既往糖尿病史(n)	1	2	0.303	0.582

2.2 两组补液试验前后血流动力学指标变化

补液试验前, 两组 MAP、HR、CO、CI、SV 和 CVP 无明显变化($P > 0.05$), 但 Rs 组 SVV 明显高于 NRs 组($P < 0.05$), 见表 2。

与补液试验前比较, 补液试验后 Rs 组 SV 明显升高($P < 0.05$), SVV 明显降低($P < 0.05$), 其余各参数无明显变化($P > 0.05$); NRs 组 SVV 明显降低($P <$

0.05), 其余各参数无明显变化($P > 0.05$), 见表 3。

表 2 两组基线血流动力学指标对比($\bar{x} \pm s$)

项目	Rs 组($n=16$)	NRs 组($n=17$)	t	P
MAP(mmHg)	92.25 $\pm$ 8.83	96.47 $\pm$ 9.66	1.307	0.201
HR(次/min)	66.50 $\pm$ 9.28	69.41 $\pm$ 9.99	0.866	0.393
CVP(mmHg)	18.19 $\pm$ 3.80	17.24 $\pm$ 3.96	-0.704	0.487

续表 2 两组基线血流动力学指标对比($\bar{x}\pm s$)				
项目	Rs 组 (<i>n</i> =16)	NRs 组 (<i>n</i> =17)	<i>t</i>	<i>P</i>
CI(L·min ⁻¹ ·m ⁻²)	2.15±0.46	2.44±0.44	1.866	0.072
SV(mL/次)	54.81±15.35	64.00±10.74	2.003	0.054
CO(L/min)	3.68±0.84	4.01±0.43	1.465	0.153
SVV(%)	17.43±3.27	13.00±2.83	-4.180	0.001

2.3 基线血流动力学指标与 SV 变化值的相关性分析

表 3 两组补液试验前后血流动力学指标变化对比($\bar{x}\pm s$)

项目	Rs 组(<i>n</i> =16)				NRs 组(<i>n</i> =17)			
	T ₀	T ₁	<i>t</i>	<i>P</i>	T ₀	T ₁	<i>t</i>	<i>P</i>
MAP(mmHg)	92.25±8.83	93.63±7.58	-1.247	0.231	96.47±9.66	95.65±9.99	0.557	0.585
HR(次/min)	66.50±9.28	68.19±9.23	-1.403	0.181	69.41±9.99	67.88±10.43	1.922	0.073
CVP(mmHg)	18.19±3.80	19.25±2.86	-1.927	0.073	17.24±3.96	18.35±4.03	-1.884	0.078
CI(L·min ⁻¹ ·m ⁻²)	2.15±0.46	2.29±0.62	-2.052	0.058	2.44±0.44	2.54±0.41	-1.778	0.094
SV(mL/次)	54.81±15.35	62.56±18.15	-8.598	<0.001	64.00±10.74	65.29±11.57	-1.986	0.064
CO(L/min)	3.68±0.84	3.80±0.97	-1.872	0.081	4.01±0.43	4.13±0.53	-1.739	0.101
SVV(%)	17.43±3.27	12.81±2.32	11.983	<0.001	13.00±2.83	10.76±3.01	4.053	0.001

SV 变化值与 SVV 相关($r=0.348,P=0.047$),与 MAP、CO、CVP 不相关($r=-0.303,-0.160、0.068,P>0.05$),见图 1。

2.4 基线各指标 ROC 曲线分析

SVV 的 AUC 远大于其余血流动力学指标,其中 SVV 对比 CI、SV、CO 无明显差异($P>0.05$),但它们的 AUC 都小于 0.5,计算得 SVV 的诊断阈值为 14%,灵敏度为 81.25%,特异度为 23.53%,见图 2、表 4。

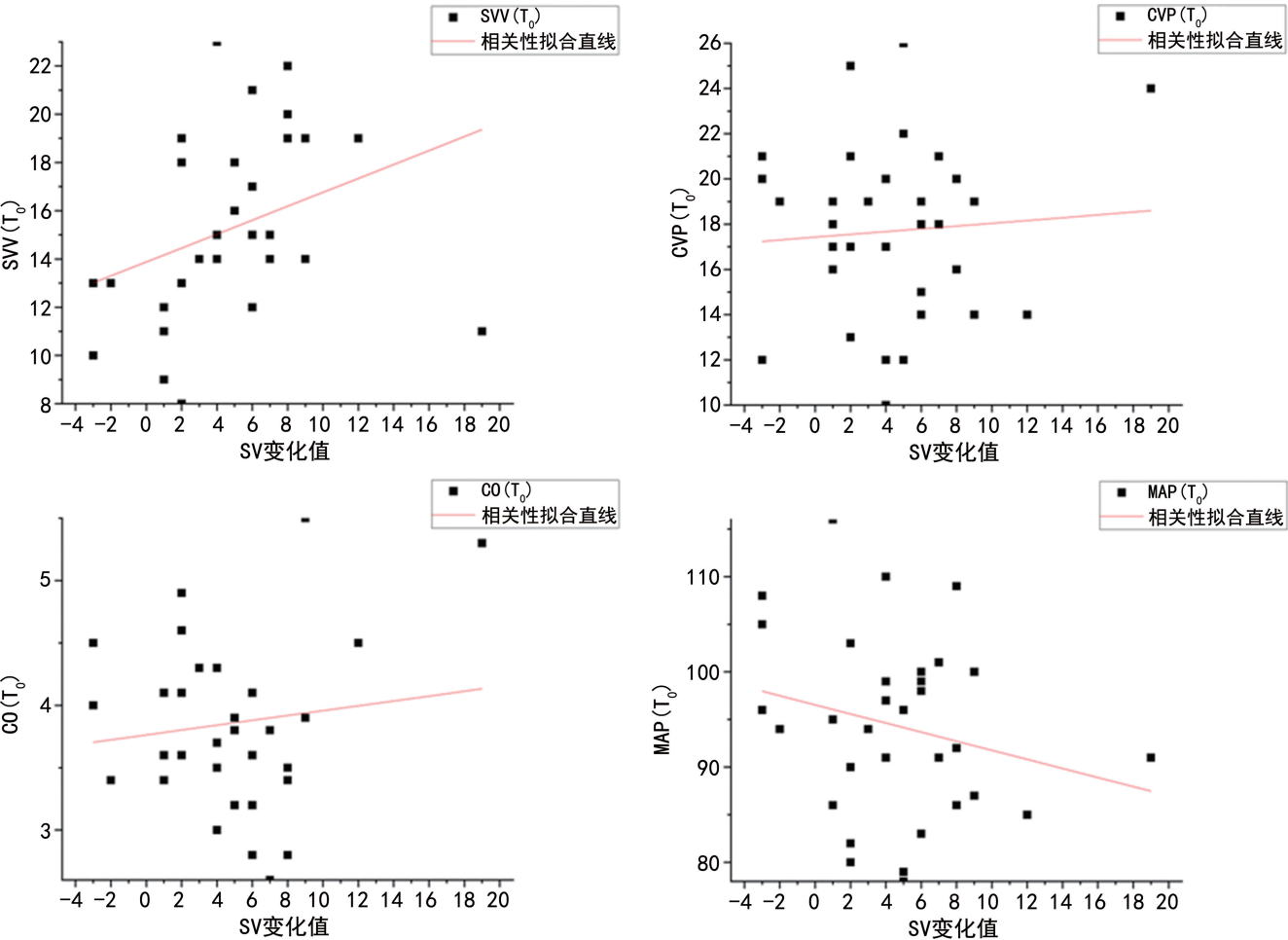


图 1 基线血流动力学指标与 SV 变化值的相关性

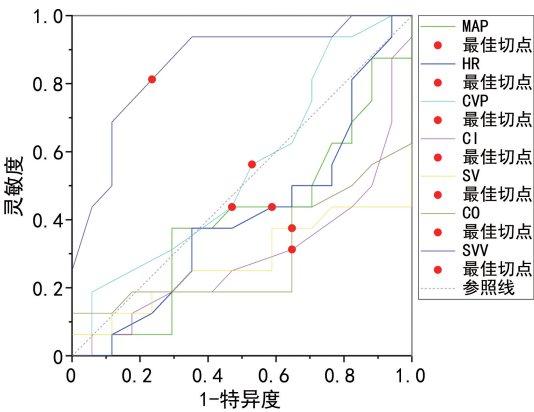


图 2 各指标 ROC 曲线分析

表 4 各血流动力学指标的预测效能

项目	AUC	SE	95%CI
MAP(mmHg)	0.397	0.101	0.200~0.594
HR(次/min)	0.408	0.101	0.210~0.606
CVP(mmHg)	0.548	0.102	0.348~0.748
CI(L·min ⁻¹ ·m ⁻²)	0.292	0.094	0.108~0.476
SV(mL/次)	0.276	0.095	0.089~0.463
CO(L/min)	0.294	0.097	0.104~0.484
SVV(%)	0.858	0.067	0.727~0.990

3 讨 论

SVV 是单位时间内每搏量的最大值与最小值之差和每搏量平均值之比的百分数。其原理是呼吸运动中心脏射血量随胸腔压力的变化而产生相应的改变,机械通气吸气相的胸腔压力增高,回心血量减少,继而导致心脏搏出量达到呼吸周期的最低点,呼气相的生理变化则相反,以此产生周期变化。而呼吸对每搏量变化值的影响程度取决于患者自身的前负荷,前负荷越大则每搏量受呼吸影响越小^[11]。早期在使用 Vigileo/Flotrac 系统测量 SVV 时有一些限制条件,如机械通气、潮气量设置为 8~10 mL/kg、平卧状态、非胸腔的开放性手术、无心律失常等。而近年来,随着 Vigileo/Flotrac 系统的算法升级,许多限制条件已被撤除,大量在不同条件下测试 SVV 的容量反应性研究开始开展,并证明其在各种不同于传统限制条件下的手术中也能准确地预测容量反应性^[12-15]。

近年来随着目标导向液体治疗(goal-directed fluid therapy, GDFT)成为被广泛使用的围手术期液体治疗方法,SVV 在临床中的使用越来越多,其在不同手术方式中的应用还在探索和完善中。目前关于 SVV 应用的新研究大多是聚焦于探索在不同情况下各种监测方法所得出的 SVV 是否能准确地预测容量反应性,以及探究不同监测方法测得的 SVV 之间是否具有 consistency,许多相关研究都证明了在仰卧位、俯

卧位等不同体位或是气腹条件下 SVV 预测容量反应性的优越性^[16-19]。因此本试验希望能证明 SVV 在二氧化碳气腹及侧卧折刀位的条件下预测容量反应性的能力。既往研究发现,二氧化碳气腹对手术患者的血流动力学影响表现为升高腹压使膈肌受影响上抬或活动受限,胸腔内压力随之增加,使得心脏的静脉回流减少,最终导致 SV 和 CO 减少,而增加全身血管阻力^[20-22]。本研究证实 SVV 预测 SV 增量的能力较强,即预测容量反应性的能力较好,计算得出的 SVV 诊断阈值为 14%。既往一项收集了 1966—2008 年所有 SVV 相关文献的荟萃研究,其包含的文献不限制研究条件及患者类型,所有在成人中研究 SVV 的试验均纳入其中,如 ICU 脓毒血症、急性呼吸窘迫综合征及各种手术的文献,SVV 的平均诊断阈值为 (11.6±1.9)%^[23],与本研究结果相似,说明在本研究中气腹及体位对 SVV 的影响较小,究其原因可能是因为所使用的气腹压力较小(12 mmHg),而一般情况下使用机器人辅助腹腔镜手术如前列腺根治术常用的气腹压力为 15 mmHg,12 mmHg 的气腹压力可能不能明显影响静脉回流。一项研究显示,在 12 mmHg 的气腹压力下行机器人辅助腹腔镜前列腺根治术时,整个气腹充气到完成的过程中,血流动力学仅有微小的改变^[24]。

用于判断容量状态的血流动力学指标的发展是从经验性的以动脉血压、HR、尿量、CVP 为参考指标的静态血流动力学监测指标再到 SVV、脉压变异度(pulse pressure variation, PPV)等动态血流动力学监测指标。有研究证实传统经验性诊断指标检测患者是否低血容量的能力较差,早期低血容量,即急性失血量达 450 mL,也不足以引起直立 HR 或收缩压的变化^[25],而健康人急性失血量小于 450 mL 时很少产生异常的生命体征。术中仰卧位低血压、仰卧位心动过速、毛细血管再充盈和皮肤充盈等体征也没有被发现具有诊断低血容量的作用^[26],这是由于这些体征很大程度上受麻醉、手术、术前其他疾病、内环境情况等因素影响,根据人体的自身调节功能,当有效循环量减少时血管壁压力感受器会反馈信号至中枢系统,调节血管代偿性收缩来保证重要脏器的灌注。同样,MARK 等^[27]进行了一项纳入了 43 篇文献的荟萃分析探究 CVP 能否用于预测患者的容量反应性,共分析了 22 例 ICU 和 20 例手术室患者,结果表明 CVP 无法预测各种临床环境中患者的容量反应性。对比静态血流动力学指标,以 SVV 为代表的动态血流动力学指标在预测各种条件下患者容量反应性的能力逐渐被认可。LIU 等^[10]通过对仰卧位气腹患者及 Trendelenburg 体位气腹患者进行研究,发现 SVV 在

许多情况下预测容量反应性的能力均强于传统血流动力学指标和静态血流动力学指标。本研究也得到了相似的结论,各参数的基线值对比中,RS 组 SVV 明显高于 NRs 组($P < 0.05$),说明了 SVV 预测容量反应性的能力;RS 组行补液试验后 SV 明显升高($P < 0.05$),SVV 明显降低($P < 0.05$),说明有容量反应性的患者在接受补液试验后每搏量明显升高,而 SVV 也随补液降低;Pearson 相关性分析显示,SVV 与 SV 变化值呈正相关,即越高的基础 SVV 可能预示着越大的 SV 增量,因为 SV 增量大于 10% 即认为有容量反应,也说明了 SVV 有预测容量反应的能力,而其余参数与 SV 变化值无相关。SVV 的 AUC 远大于其余参数,说明 SVV 有预测容量反应性的能力,且效果远优于其余血流动力学指标。

笔者未在试验中设计左右不同侧卧方向之间的参数对比,因为主要研究指标 SVV 是呼吸周期内 SV 的一个百分比变化量,其意义为 SV 受呼吸影响的变化率,在机械通气中,吸气相产生最大的 SV,呼气相 SV 最小。左右侧卧的不同在于对心脏的压迫程度不同,影响的是心脏后负荷,即 SV,而 SVV 只是 SV 随呼吸影响的变化率,即使是不同的侧卧位也会同时影响吸气相及呼气相的 SV,因此 SVV 也不会受到影响,许多类似的胸腔镜 SVV 研究也证实了这一原理。本研究也有一些局限性:(1)没有在麻醉后平卧位时对患者进行同样的补液试验和数据记录;(2)研究所设定的腹腔压力值为固定值 12 mmHg,未设置不同的腹腔压力以探讨腹腔压力同 SVV 阈值之间的关系;(3)血流动力学指标均通过 Vigileo/Flotrac 系统测量,未探究其他测量方法所得的 SVV 结果是否具有 consistency。

综上所述,SVV 可以在侧卧折刀位的机器人辅助胸腔镜手术中较好地预测患者容量反应性。

参考文献

- [1] BUDACAN A M, NAIDU B. Fluid management in the thoracic surgical patient: where is the balance? [J]. J Thorac Dis, 2019, 11(6): 2205-2207.
- [2] D'SOUZA R S, SIMS C R, ANDRIJASEVIC N, et al. Pulmonary complications in esophagectomy based on intraoperative fluid rate: a single-center study [J]. J Cardiothoracic Vasc Anesth, 2021, 35(10): 2952-2960.
- [3] DE BOER H D, CARLOS R V, MULIER J P. Is the balance in anesthesia right? Multitarget approach and alteration of systemic inflammation[J]. Anesth Analg, 2019, 128(6): e130.
- [4] BOEHM D, MENKE H. A history of fluid management—from “one size fits all” to an individualized fluid therapy in burn resuscitation[J]. Medicina, 2021, 57(2): 187.
- [5] 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(1): 172-178.
- [6] ALVARADO SANCHEZ J I, CAICEDO RUIZ J D, DIAZTAGLE FERNANDEZ J J, et al. Predictors of fluid responsiveness in critically ill patients mechanically ventilated at low tidal volumes: systematic review and meta-analysis [J]. Ann Intensive Care, 2021, 11(1): 1-17.
- [7] SNORIAKI S, TAKASHI T, RYOICHI O. Prediction of fluid responsiveness by means of stroke volume variation measured by pulse wave transit time-based cardiac output monitoring [J]. Toho J Med, 2020, 6(1): 41-47.
- [8] TEBOUL J L, MONNET X, CHEMLA D, et al. Arterial pulse pressure variation with mechanical ventilation [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2019, 199(1): 22-31.
- [9] CHAVES R C D F, CORRÊA T D, NETO A S, et al. Assessment of fluid responsiveness in spontaneously breathing patients: a systematic review of literature [J]. Ann Intensive Care, 2018, 8(1): 1-10.
- [10] LIU X, FU Q, MI W, et al. Pulse pressure variation and stroke volume variation predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patients experiencing intra-abdominal hypertension [J]. Biosci Trends, 2013, 7(2): 101-108.
- [11] MAHMOOD S S, PINSKY M R. Heart-lung interactions during mechanical ventilation: the basics [J]. Ann Transl Med, 2018, 6(18): 349.
- [12] CHEN Y, GUO X, FU J, et al. Accuracy of stroke volume variation and pulse pressure variation to predict fluid responsiveness in patients with thoracic kyphosis [J]. Ann Palliat Med, 2021, 10(7): 7571-7578.
- [13] HUAN S, DAI J, SONG S, et al. Stroke volume variation for predicting responsiveness to fluid

- therapy in patients undergoing cardiac and thoracic surgery: a systematic review and meta-analysis[J]. *BMJ Open*, 2022, 12(5): e051112.
- [14] LUO D, LIU F, DAI W, et al. Diagnostic accuracy of stroke volume variation for predicting fluid responsiveness in children undergoing cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis[J]. *Pediatr Anesth*, 2021, 31(7): 755-762.
- [15] MA G G, TU G W, ZHENG J L, et al. Changes in stroke volume variation induced by passive leg raising to predict fluid responsiveness in cardiac surgical patients with protective ventilation[J]. *J Cardiothoracic Vasc Anesth*, 2020, 34(6): 1526-1533.
- [16] MOON E J, LEE S, YI J W, et al. Stroke volume variation and stroke volume index can predict fluid responsiveness after mini-volume challenge test in patients undergoing laparoscopic cholecystectomy[J]. *Medicina*, 2019, 56(1): 3.
- [17] FOT E V, IZOTOVA N N, SMETKIN A A, et al. Invasive and non-invasive dynamic parameters to predict fluid responsiveness after off-pump coronary surgery[J]. *Turk J Anaesthesiol Reanim*, 2022, 50(1): 59-64.
- [18] MESSINA A, MONTAGNINI C, CAMMARO-TA G, et al. Assessment of fluid responsiveness in prone neurosurgical patients undergoing protective ventilation: role of dynamic indices, tidal volume challenge, and end-expiratory occlusion test[J]. *Anesth Analg*, 2020, 130(3): 752-761.
- [19] JENA B R, RATH G P, CHOUHAN V, et al. A0012 pleth variability index versus stroke volume variation as predictors of fluid responsiveness in prone position[J]. *J Neuroanaesthesiol Crit Care*, 2019, 6(1): 12-13.
- [20] RUSSO A, DI STASIO E, SCAGLIUSI A, et al. Positive end-expiratory pressure during laparoscopy: cardiac and respiratory effects[J]. *J Clin Anesth*, 2013, 25(4): 314-320.
- [21] THARP W G, MURPHY S, BREIDENSTEIN M W, et al. Body habitus and dynamic surgical conditions independently impair pulmonary mechanics during robotic-assisted laparoscopic surgery: a cross-sectional study[J]. *Anesthesiology*, 2020, 133(4): 750-763.
- [22] KOTHARI A, BASKARAN D. Pressure-controlled volume guaranteed mode improves respiratory dynamics during laparoscopic cholecystectomy: a comparison with conventional modes[J]. *Anesth Essays Res*, 2018, 12(1): 206-212.
- [23] MARIK P E, CAVALLAZZI R, VASU T, et al. 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(9): 2642-2647.
- [24] MEININGER D, BYHAHN C, BUECK M, et al. Effects of prolonged pneumoperitoneum on hemodynamics and acid-base balance during totally endoscopic robot-assisted radical prostatectomies[J]. *World J Surg*, 2002, 26(12): 1423-1427.
- [25] BARAFF L J, SCHRIGER D L. Orthostatic vital signs: variation with age, specificity, and sensitivity in detecting a 450-mL blood loss[J]. *Am J Emerg Med*, 1992, 10(2): 99-103.
- [26] NAPOLITANO J D. The physical examination to assess for anemia and hypovolemia[J]. *Med Clin North Am*, 2022, 106(3): 509-518.
- [27] MARIK P E, CAVALLAZZI R. Does the central venous pressure predict fluid responsiveness? An updated meta-analysis and a plea for some common sense[J]. *Crit Care Medicine*, 2013, 41(7): 1774-1781.

(收稿日期: 2023-02-18 修回日期: 2023-06-22)

(编辑: 唐 璞)