

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2018.34.019

文章编号: 1005-8982 (2018) 34-0097-06

脉搏灌注变异指数预测俯卧位引起的心排血量下降的研究

杨琳¹, 孙来保², 江伟航¹, 程平瑞¹, 符方泳¹

(1. 广东省广州市番禺区中心医院 麻醉科, 广东 广州 511400;

2. 中山大学附属第一医院 麻醉科, 广东 广州 510080)

摘要: **目的** 探讨脉搏灌注变异指数 (PVI) 在患者从平卧位改为俯卧位后引起的心排血量 (CO) 下降中的预测作用。 **方法** 选取全身麻醉下行腰椎手术的患者 40 例, ASA I ~ III 级, 年龄 35 ~ 62 岁。全身麻醉后连接 Vigileo 系统监测每搏量变异度 (SVV)、CO, 同步使用 Massion Radical 7 系统监测 PVI、脉搏灌注指数 (PI)。分别记录平卧位及俯卧位时心率 (HR)、平均动脉压 (MAP)、CO、心指数 (CI)、每搏量指数 (SVI)、SVV、PI、PVI 的数值, 比较两个时间点各血流动力学数据的差异。计算俯卧位前后心排血量差异 (ΔCO), [$\Delta CO = (\text{俯卧位前 CO} - \text{俯卧位后 CO}) / \text{俯卧位前 CO} \times 100\%$], $\Delta CO \leq 15\%$ 为容量负荷足以减轻俯卧位后 CO 的下降, 绘制各血流动力学指标的受试者工作特征性 (ROC) 曲线, 计算其曲线下面积及诊断阈值, 并计算俯卧位前后 SVV 与 PVI 的相关性。 **结果** SVV 与 PVI 的 ROC 曲线下面积分别为 0.946 和 0.844; SVV 的敏感性为 91.3%, 特异性为 88.2%, 诊断阈值为 12.5%; PVI 的敏感性为 87.0%, 特异性为 76.5%, 诊断阈值为 14.5%。俯卧位前后 PVI 与 SVV 均呈线性正相关, 俯卧位前相关系数 ($r = 0.712, P < 0.05$) 高于俯卧位后 ($r = 0.440, P < 0.05$)。 **结论** PVI 能通过判断仰卧位患者的容量负荷状态, 预测俯卧位后引起的 CO 下降程度。

关键词: 心排血量; 脉搏灌注变异指数 / 麻醉; 每搏量变异度 / 麻醉; 俯卧位

中图分类号: R614.2

文献标识码: A

Application of pleth variability index in predicting reduction in cardiac output induced by prone position

Lin Yang¹, Lai-bao Sun², Wei-hang Jiang¹, Ping-rui Cheng¹, Fang-yong Fu¹

(1. Department of Anesthesiology, Guangzhou Panyu Central Hospital, Guangzhou, Guangdong 511400,

China; 2. Department of Anesthesiology, the First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University,

Guangzhou, Guangdong 510080, China)

Abstract: Objective To evaluate the use of pleth variability index (PVI) in predicting the decrease in cardiac output (CO) from supine position to prone position. **Methods** Forty patients of ASA I-III aged 35-62 years undergoing elective lumbar spine surgery were enrolled. After induction of general anesthesia, CO and stroke volume variability (SVV) were monitored with Vigileo system, while PVI and perfusion index (PI) were monitored with Massion Radical 7 system. Heart rate (HR), mean arterial pressure (MAP), CO, SVV, cardiac index (CI), stroke volume index (SVI), PI and PVI were recorded both at supine position and prone position. The difference of cardiac output (ΔCO) before and after prone position was calculated with the following equation: $\Delta CO = [CO (\text{supine}) - CO (\text{prone})] / CO (\text{supine}) \times 100\%$. ΔCO of 15% was regarded as the threshold that the patient's cardiac preload is sufficient enough to help to alleviate the decline in cardiac output when turned prone. The receiver operator-

收稿日期: 2018-03-01

[通信作者] 孙来保, E-mail: sunlaibao66@hotmail.com

characteristic (ROC) curves of the hemodynamic indicators were drawn to decide the accuracy of its prediction on the cardiac preload and the diagnostic threshold. And the correlation between SVV and PVI was also analyzed both before and after prone position. **Results** ROC curves manifested that the area under the curves of SVV and PVI was 0.946 and 0.844 respectively, larger than those of other hemodynamic indexes. The sensitivity, specificity and diagnostic threshold of SVV were 91.3%, 88.2% and 12.5% respectively; whereas the sensitivity, specificity and diagnostic threshold of PVI were 87.0%, 76.5% and 14.5 % respectively. There was a linear relationship between PVI and SVV both in supine position and prone position, and the correlation coefficient in supine position ($r = 0.712$, $P < 0.05$) was higher than that in prone position ($r = 0.440$, $P < 0.05$). **Conclusions** Pleth variability index helps to predict the decline of cardiac output due to the prone position through calculating the patients' cardiac preload in supine position.

Keywords: cardiac output; pleth variability index/anesthesia; stroke volume variation/anesthesia; prone position

患者从仰卧位转至俯卧位,可引起心排血量(cardiac output, CO)的显著下降^[1-2],尤其对于老年及危重患者,剧烈的波动可引起严重的并发症,影响患者的预后。术中精确的容量管理能实时评估患者的状态并指导有效的治疗,对维持血流动力学平稳具有十分重要的意义。FloTrac/Vigileo系统能通过有创动脉连续获得CO、心指数(cardiac index, CI)、每搏量变异度(stroke volume variation, SVV)等数据,是目前常用的容量管理监测手段,SVV是前负荷反应性指标,可用于判断机械通气患者的容量状态^[3-5]。研究指出,仰卧位时预先补充液体使SVV<14%后再转为俯卧可预防体位改变引起的容量不足,减轻CO的下降,提高患者的安全性^[6]。脉搏灌注变异指数(pleth variability index, PVI)是无创的新型容量状态指标,已被证实对预测扩容反应的准确性高、敏感性好^[7-8],并与SVV具有良好的相关性^[9],但PVI能否同样用于各种条件下的临床监测还有待证实。本研究拟探讨PVI预测俯卧位后引起的CO下降程度的能力及其诊断阈值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

经广州市番禺区中心医院伦理委员会批准,患者及家属均签署知情同意书。选取2015年12月至2016年8月全身麻醉俯卧位下行腰椎内固定手术的患者40例。其中,男性29例,女性11例;年龄35~62岁;ASA I~III级,体重47~83 kg, BMI 18~27 kg/m²。无心力衰竭、心律失常、外周血管疾病,未长期服用血管活性药物,无桡动脉及中心静脉穿刺禁忌,术前Hb>110 g/L。

1.2 麻醉方法

患者术前常规禁饮禁食12 h,术前30 min给予

盐酸戊乙奎醚0.1 mg/kg,入室后常规监测无创血压(NIBP)、心电图(ECG)、血氧饱和度(SpO₂)、心率(HR)、呼气末二氧化碳分压(PETCO₂),连接Narcotrend麻醉/脑电意识深度监测系统(NT)监测麻醉镇静深度。麻醉诱导前以5 ml/kg乳酸盐林格溶液补充代偿性血管内容量扩张量(compensatory intravascular volume expansion, CVE)^[10],麻醉诱导使用咪达唑仑0.05 mg/kg、丙泊酚实施靶控输注并设定血浆浓度为4 μg/ml、芬太尼3 μg/kg,患者意识消失后给予顺式阿曲库铵0.15 mg/kg,待肌松完全后行气管插管,连接麻醉机行机械通气,设定潮气量8 ml/kg、新鲜气体流量2 L/min,吸气呼气比1:2、呼吸频率根据PETCO₂调节,维持PETCO₂在35~45 mmHg。全身麻醉后在超声引导下右侧颈内静脉穿刺,置入双腔中心静脉导管补液并持续监测中心静脉压(central venous pressure, CVP)。将Massion Radical 7系统的脉搏氧探头连接患者食指并避光包裹固定,连续监测PVI、脉搏灌注指数(PI)。另一侧上肢行桡动脉穿刺,连接FloTrac传感器,两个传感线分别连接PHILIPS监护仪和Vigileo监测仪,连续监测有创平均动脉压(mean arterial pressure, MAP)和CI、CO、SVV、每搏量指数(SVI)。患者入室输注CVE后,均以乳酸盐林格溶液5 ml/(kg·h)作为背景剂量输注,待俯卧位记录数据后再按常规方案补液。术中均选用Jackson脊柱手术床^[11],该手术床为中空结构,患者俯卧位后胸部及腹部悬空。

1.3 监测指标

记录患者性别、年龄、身高、体重。记录仰卧位各项穿刺完毕后5 min时HR、MAP、CO、CI、SVI、SVV、PI、PVI的数值,然后立即将患者翻身,转为俯卧位后5 min时再次记录以上数据。以Vigileo系统连续监测的CO进行俯卧位前后比较,计算心排血量差

异 (ΔCO), [$\Delta CO = (\text{俯卧位前 CO} - \text{俯卧位后 CO}) / \text{俯卧位前 CO} \times 100\%$], 以 $\Delta CO \leq 15\%$ 为容量充足组 (sufficient preload group, SP 组), 以 $\Delta CO > 15\%$ 为容量不足组 (insufficient preload group, IP 组), 绘制各血流动力学指标的受试者工作特征性 (ROC) 曲线。

1.4 统计学方法

数据分析采用 SPSS 19.0 统计软件, 计量资料以均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 进行正态性检验, 呈现正态分布的数据, 组内俯卧位前后比较采用配对样本的 t 检验, 组间比较采用独立样本的 t 检验, 呈现非正态分布的数据, 组内俯卧位前后比较采用配对样本的秩和检验, 组间比较采用独立样本的秩和检验; 计数资料采用例 (%) 表示。SVV 与 PVI 进行 Pearson 相关性分析。绘制各血流动力学指标的受试者工作特征曲线 (ROC), 根据曲线下面积确定 SVV、PVI 对减轻 CO 下降的预测能力、敏感性及特异性, 并确定两者的诊断阈值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般情况比较

SP 组与 IP 组患者性别、年龄、身高、体重、体重指数 (BMI) 比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 1。

2.2 患者生命体征比较

所有患者各血流动力学指标仰卧位与俯卧位比较, SVI、PI 采用 t 检验, CI、CO、SVV、PVI、CVP 采用配对秩和检验, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 俯卧位后 SVV 及 PVI 上升, CI、CO、SVI、PI 及 CVP 下降 (见表 2)。仰卧位时 IP 组与 SP 组比较, SVV 与 PVI 均采用配对秩和检验, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), IP 组均高于 SP 组 (见表 3)。俯卧位后 IP 组与 SP 组比较, SVI、SVV 采用 t 检验, CI、CO、CVP、PVI 采用配对秩和检验, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), IP 组 CI、CO、SVI 及 CVP 均较 SP 组低, SVV 及 PVI 均较 SP 组高 (见表 4)。

表 1 两组患者一般资料比较

组别	n	男/女/例	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$)	身高/(cm, $\bar{x} \pm s$)	体重/(kg, $\bar{x} \pm s$)	BMI/(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)
SP 组	23	17/6	50.1 \pm 9.3	1.68 \pm 0.07	65.8 \pm 10.0	23.1 \pm 2.4
IP 组	17	12/5	48.5 \pm 11.0	1.67 \pm 0.07	63.7 \pm 9.2	22.6 \pm 2.3
χ^2/t 值		0.000	0.497	0.278	0.680	0.696
P 值		1.000	0.622	0.782	0.501	0.491

表 2 患者仰卧位与俯卧位血流动力学指标比较 ($n=40, \bar{x} \pm s$)

组别	HR/(次/min)	MAP/mmHg	CVP/cmH ₂ O	CI/[L/(min·m)]	CO/(L/min)	SVI/(ml/m ²)	SVV/%	PVI/%	PI/%
仰卧位	71.5 \pm 10.7	82.4 \pm 11.8	7.7 \pm 1.5	3.0 \pm 0.5	5.0 \pm 0.9	42.9 \pm 4.3	11.6 \pm 3.2	13.1 \pm 3.1	3.5 \pm 1.5
俯卧位	73.0 \pm 8.0	80.6 \pm 8.7	6.7 \pm 1.4 [†]	2.6 \pm 0.6 [†]	4.5 \pm 1.0 [†]	39.1 \pm 5.1 [†]	16.1 \pm 3.2 [†]	17.8 \pm 2.2 [†]	1.8 \pm 0.8 [†]
t/Z 值	-1.402	1.693	-3.931	-4.447	-4.534	5.064	-5.183	-5.365	8.812
P 值	0.169	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

注: † 与仰卧位时比较, $P < 0.05$

表 3 两组患者仰卧位各项血流动力学指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	HR/(次/min)	MAP/mmHg	CVP/cmH ₂ O	CI/[L/(min·m)]	CO/(L/min)	SVI/(ml/m ²)	SVV/%	PVI/%	PI/%
SP 组	23	70.2 \pm 10.5	83.4 \pm 11.4	8.0 \pm 1.2	3.0 \pm 0.5	5.1 \pm 0.9	43.0 \pm 4.3	9.5 \pm 1.9	11.5 \pm 2.6	3.6 \pm 1.7
IP 组	17	73.2 \pm 11.0	81.0 \pm 12.5	7.2 \pm 1.7	2.9 \pm 0.4	4.9 \pm 0.9	42.8 \pm 4.4	14.5 \pm 2.1 [†]	15.1 \pm 2.3 [†]	3.3 \pm 1.3
t/Z 值		-0.861	0.642	-1.917	-0.702	-0.644	0.139	-4.805	-3.711	0.522
P 值		0.395	0.524	0.055	0.483	0.519	0.890	0.000	0.000	0.605

注: † 与 SP 组比较, $P < 0.05$

表 4 两组患者俯卧位各项血流动力学指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	HR/ (次/min)	MAP/ mmHg	CVP/ cmH ₂ O	CI/[L/ (min·m) ²]	CO/ (L/min)	SVI/ (ml/m ²)	SVV/%	PVI/%	PI/%
SP 组	23	72.7 ± 8.0	81.3 ± 7.1	7.1 ± 1.3	2.9 ± 0.5	4.9 ± 0.9	41.3 ± 5.1	14.8 ± 2.6	17.0 ± 2.1	1.7 ± 0.9
IP 组	17	73.4 ± 8.1	79.6 ± 10.6	6.1 ± 1.3 [†]	2.2 ± 0.4 [†]	3.9 ± 0.8 [†]	36.2 ± 3.4 [†]	17.9 ± 3.2 [†]	18.9 ± 2.0 [†]	1.8 ± 0.7
<i>t</i> / <i>Z</i> 值		-0.278	0.545	-2.211	-3.915	-3.631	3.620	-3.373	-2.690	-0.428
<i>P</i> 值		0.783	0.591	0.027	0.000	0.000	0.001	0.002	0.007	0.671

注: †与 SP 组比较, *P* < 0.05

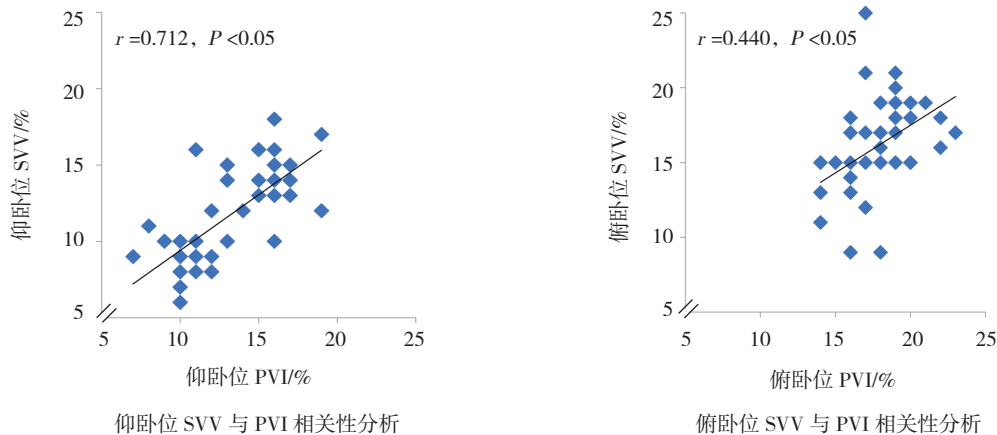
2.3 SVV 与 PVI 的相关性分析

仰卧位与俯卧位时, PVI 与 SVV 均呈线性相关; 仰卧位时两者的相关性系数 ($r=0.712$, $P<0.05$) 高于俯卧位时 ($r=0.440$, $P<0.05$)。见图 1。

2.4 各指标 ROC 工作曲线

以 $\Delta CO \leq 15\%$ 为容量负荷足以减轻俯卧位后 CO 的下降, 绘制的 ROC 曲线, SVV 与 PVI 的曲线下

面积分别为 0.946 和 0.844, 均可预测俯卧位引起的 CO 下降, 且曲线下面积均高于其他血流动力学指标; SVV 的敏感性为 91.3%, 特异性为 88.2%, 诊断阈值为 12.5%; PVI 的敏感性为 87.0%, 特异性为 76.5%, 诊断阈值为 14.5%。HR、MAP、CVP、CI、CO、SVI 及 PI 绘制 ROC 曲线, 均 $P>0.05$, 提示该指标用于预测俯卧位后 CO 的下降的价值很低 (见表 5 和图 2)。



仰卧位 SVV 与 PVI 相关性分析

俯卧位 SVV 与 PVI 相关性分析

图 1 仰卧位与俯卧位时 SVV 与 PVI 的 Pearson 相关性分析 ($n=40$)

表 5 各血流动力学指标曲线下面积、阈值、敏感性及特异性

指标	曲线下面积	阈值	敏感性/%	特异性/%	<i>P</i> 值	95%CI	
						下限	上限
SVV	0.946	12.5	91.3	88.2	0.000	0.873	1.000
PVI	0.844	14.5	87.0	76.5	0.000	0.715	0.973
HR	0.575	66.5	39.1	76.5	0.420	0.395	0.756
MAP	0.564	84.5	34.8	35.3	0.494	0.377	0.751
CVP	0.675	7.5	65.2	64.7	0.061	0.501	0.849
CI	0.565	2.8	65.2	52.9	0.485	0.384	0.746
CO	0.560	5.5	39.1	88.2	0.520	0.378	0.742
SVI	0.510	44.0	43.5	70.6	0.913	0.327	0.694
PI	0.572	4.8	30.4	94.1	0.444	0.392	0.752

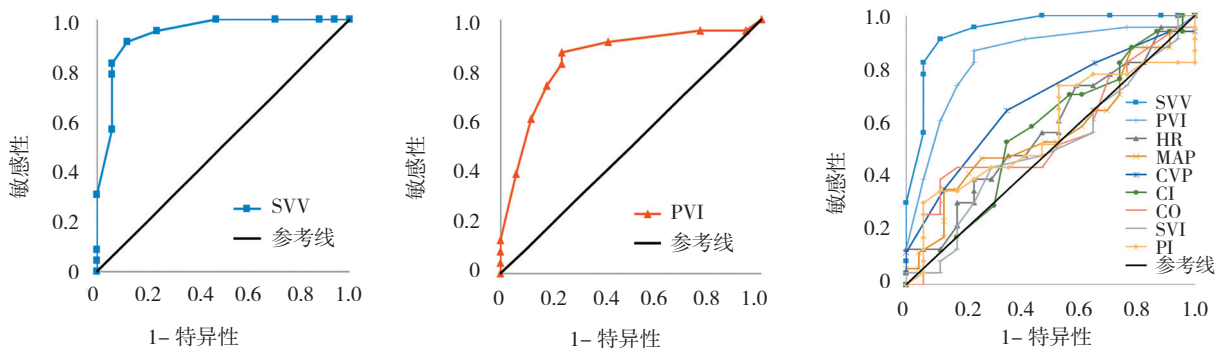


图 2 各血流动力学指标的 ROC

3 讨论

脊柱手术常需要使用俯卧位, 然而从仰卧位转换至俯卧位常可引起明显的 CO 下降, 部分患者可出现病情的急剧变化。有研究显示^[12], 从仰卧位翻身至俯卧位引起的 CO 下降可高达 25%, 但却不能引起 HR 及 MAP 甚至 CVP 的改变^[13-14]。学者们指出俯卧位可引起前负荷降低, 心输出量下降, 而足够的容量负荷可减轻俯卧位所带来的循环影响, 维持血流动力学的平稳^[6, 15]。PVI 作为与 SVV 相关性良好的容量指标, 具有无创, 便捷等优点, 可减少患者的创伤及费用, 但由于 PVI 的测量来源于脉搏灌注, 准确性受较多因素的影响, 心律失常、重度心力衰竭^[16], 使用血管活性药物^[17-18]、手术应激等^[19]都会对 PVI 的准确性造成一定影响, 所以选取合适的应用背景与时机十分重要。HOOD 等^[20]及 VOS 等^[21]的研究结果指出, 与手术开始前稳定状态比较, 手术中 PVI 的敏感性有所下降。所以本研究选取手术开始前仰卧位时 PVI 准确性最高的时间点, 评估其预测能力。

本研究发现, 俯卧位后 HR、MAP 无显著变化, 与 ROGER 等^[14]的研究结果相符; 与 DAIHUA 等^[15]的结果相似, 俯卧位后 SVV 与 PVI 的数值升高, 且 CVP 降低, 考虑与俯卧位后引起的血容量相对不足相关。仰卧位时 SP 组 SVV 与 PVI 的数值均较 IP 组低, 提示 SP 组的容量负荷比 IP 组更充足, 可以认为通过俯卧位前评估患者的容量状态, 给予相应的液体负荷, 能使俯卧位后引起的血容量不足在代偿范围内, 减少 CO 的下降程度。

液体治疗后 CO 上升是否大于 15% 是常用于评估患者对液体治疗是否有反应的指标^[22-23], CO 的变化小于 15% 证明该处理对心输出量的影响较小^[24], 所以本研究采用俯卧位后 Δ CO 是否 $\leq 15\%$ 作为判断指标, 视 Δ CO $\leq 15\%$ 为容量负荷足以减轻俯卧位后 CO 的

下降; 视 Δ CO $> 15\%$ 为容量负荷不足, 俯卧位 CO 下降明显; 并根据 Δ CO 绘制各血流动力学指标的 ROC 曲线。ROC 曲线下面积 (AUC) 可用于评价某项指标对疾病的诊断价值, 多用于临床中诊断试验的分析与比较, 曲线下面积越大, 提示指标的诊断价值越高^[25]。本研究显示, SVV 与 PVI 均能有效的预测俯卧位引起的 CO 下降, SVV 与 PVI 的曲线下面积小于 CVP、HR、MAP 等传统指标血流动力学指标, 说明 SVV 与 PVI 诊断的有效性 & 准确性更高; ROC 曲线上最佳的敏感性和误诊率 (1-特异性) 对应的点 (即敏感性与特异性数值之和最大点), 是该指标的诊断阈值, 本研究中仰卧位时 SVV $< 12.5\%$ 或 PVI $< 14.5\%$ 的患者, 俯卧位后 CO 的下降程度较小, PVI 与 SVV 预测俯卧位后 CO 的下降具有一致性且能力相近。

陈宇等^[26]研究指出, 俯卧位后 PVI 仍能准确预测患者对液体治疗的反应性。本研究结果显示, SVV 与 PVI 相关性系数俯卧位后较俯卧位前下降, 提示俯卧位后 PVI 的敏感性有所下降, 由于局部末梢组织的血管张力改变及灌注减弱以外, 体位的变化对 PVI 的准确性也造成了一定的影响。

综上所述, PVI 与 SVV 均能通过评估患者的容量状态预测俯卧位后 CO 的下降程度, 且两者的预测能力相近, PVI 能为该类患者提供无创、简便、低价格的容量监测, 扩大精确容量管理的应用范围, 有利于维持血流动力学平稳, 提高围术期患者的安全性。

参 考 文 献:

- [1] DHARMAVARAM S, JELISH W S, NOCKELS R P, et al. Effect of prone positioning systems on hemodynamic and cardiac function during lumbar spine surgery: an echocardiographic study[J]. Spine, 2006, 31(12): 1388-1393.
- [2] EDGCOMBE H. Anaesthesia in the prone position[J]. British Journal of Anaesthesia, 2008, 100(2): 165-183.

- [3] BERKENSTADT H, MARGALIT N, HADANI M, et al. Stroke volume variation as a predictor of fluid responsiveness in patients undergoing brain surgery[J]. *Anesthesia & Analgesia*, 2001, 92(4): 984-989.
- [4] LI J, JI F H, YANG J P. Evaluation of stroke volume variation obtained by the FloTrac™/Vigileo™ system to guide preoperative fluid therapy in patients undergoing brain surgery[J]. *Journal of International Medical Research*, 2012, 40(3): 1175-1181.
- [5] BENES J, CHYTRA I, ALTMANN P, et al. Intraoperative fluid optimization using stroke volume variation in high risk surgical patients: results of prospective randomized study[J]. *Critical Care*, 2010, 14(3): 1-15.
- [6] WU C Y, LEE T S, CHAN K C, et al. Does targeted pre-load optimisation by stroke volume variation attenuate a reduction in cardiac output in the prone position[J]. *Anaesthesia*, 2012, 67(7): 760-764.
- [7] HAAS S, TREPTE C, HINTEREGGER M, et al. Prediction of volume responsiveness using pleth variability index in patients undergoing cardiac surgery after cardiopulmonary bypass[J]. *Journal of Anesthesia*, 2012, 26(5): 696-701.
- [8] BROCH O, BEIN B, GRUENEWALD M, et al. Accuracy of the pleth variability index to predict fluid responsiveness depends on the perfusion index[J]. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 2011, 55(6): 686-693.
- [9] ZIMMERMANN M, FEIBICKE T, KEYL C, et al. Accuracy of stroke volume variation compared with pleth variability index to predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patients undergoing major surgery[J]. *European Journal of Anaesthesiology*, 2010, 27(6): 555-561.
- [10] MILLER R D. 米勒麻醉学 [M]. 第 7 版. 北京: 北京大学医学出版社, 2011: 1735-1736.
- [11] CHIN K R, AHN J. Controlled cervical extension osteotomy for ankylosing spondylitis utilizing the Jackson operating table: technical note[J]. *Spine*, 2007, 32(32): 1926-1929.
- [12] EDGCOMBE H, CARTER K, YARROW S. Anaesthesia in the prone position[J]. *British Journal of Anaesthesia*, 2008, 100(2): 165-183.
- [13] 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]. *Critical Care Medicine*, 2013, 41(7): 1774-1781.
- [14] MARKS R, SILVERMAN R, FERNANDEZ R, et al. Does the systolic pressure variation change in the prone position[J]. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 2009, 23(5): 279-282.
- [15] DAIHUA Y, WEI C, XUDE S, et al. The effect of body position changes on stroke volume variation in 66 mechanically ventilated patients with sepsis[J]. *Journal of Critical Care*, 2012, 27(4): 7-12.
- [16] SEBASTIAN H, CONSTANTIN T, MARTIN H, et al. Prediction of volume responsiveness using pleth variability index in patients undergoing cardiac surgery after cardiopulmonary bypass[J]. *Journal of Anesthesia*, 2012, 26(5): 696-701.
- [17] BIAIS M, COTTENCEAU V, PETIT L, et al. Impact of norepinephrine on the relationship between pleth variability index and pulse pressure variations in ICU adult patients[J]. *Critical Care*, 2011, 15(4): 12-21.
- [18] MONNET X, GUÉRIN L, JOZWIAK M, et al. Pleth variability index is a weak predictor of fluid responsiveness in patients receiving norepinephrine[J]. *British Journal of Anaesthesia*, 2013, 110(2): 207-213.
- [19] TAKEYAMA M, MATSUNAGA A, KAKIHANA Y, et al. Impact of skin incision on the pleth variability index[J]. *Journal of Clinical Monitoring & Computing*, 2011, 25(4): 215-221.
- [20] HOOD J A, WILSON R J. Pleth variability index to predict fluid responsiveness in colorectal surgery[J]. *Anesthesia & Analgesia*, 2011, 113(113): 1058-1063.
- [21] VOS J J, KALMAR A F, STRUYS M M, et al. Comparison of arterial pressure and plethysmographic waveform-based dynamic preload variables in assessing fluid responsiveness and dynamic arterial tone in patients undergoing mahaasjor hepatic resection[J]. *British Journal of Anaesthesia*, 2013, 110(6): 940-946.
- [22] BIAIS M, NOUETTEGAULAIN K, COTTENCEAU V, et al. Uncalibrated pulse contour-derived stroke volume variation predicts fluid responsiveness in mechanically ventilated patients undergoing liver transplantation[J]. *British Journal of Anaesthesia*, 2008, 101(6): 761-768.
- [23] FEISSEL M, MICHARD F, MANGIN I, et al. Respiratory changes in aortic blood velocity as an indicator of fluid responsiveness in ventilated patients with septic shock[J]. *Chest*, 2001, 119(3): 867-873.
- [24] MICHARD F, BOUSSAT S, CHEMLA D, et al.: Relation between respiratory changes in arterial pulse pressure and fluid responsiveness in septic patients with acute circulatory failure[J]. 2000, 162(1): 134-138.
- [25] HANLEY J A, MCNEIL B J. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve[J]. *Radiology*, 1982, 143(1): 29-36.
- [26] 陈宇, 傅强, 米卫东. 俯卧位呼吸末正压对每搏量变异度、脉搏压变异度和脉搏灌注变异指数预测容量准确性及阈值的影响 [J]. *中国医学科学院学报*, 2015, 2: 179-184.

(张蕾 编辑)