

下腔静脉呼吸变异度预测下肢驱血带引起容量变化的研究

樊又嘉 董榕

【摘要】目的 在全麻机械通气条件下运用下腔静脉呼吸变异度(VIVC)评估下肢骨科手术中上驱血带引起的容量变化。**方法** 选取 2017 年 3 月至 2017 年 10 月拟在全麻联合神经阻滞下行单下肢 lisfranc 损伤手术患者 37 例,男 19 例,女 18 例,年龄 25~50 岁, BMI 20~30 kg/m², ASA I 或 II 级。所有患者在全身麻醉联合神经阻滞下记录上驱血带前即刻和上驱血带后即刻 HR、平均动脉压(MAP)、每搏量(SV)和上驱血带前即刻下腔静脉呼吸变异率(VIVC)。根据上驱血带前即刻和上驱血带后即刻 SV 增加百分比(ΔSV)是否 $\geq 13\%$ 将患者分为有反应组($\Delta SV \geq 13\%$, R 组)和无反应组($\Delta SV < 13\%$, NR 组), R 组 18 例, NR 组 19 例。分析 VIVC 与 ΔSV 的相关性,绘制 VIVC 的受试者工作特征曲线(ROC 曲线),评估 VIVC 评测使用上驱血带造成的容量变化的临床价值。**结果** R 组上驱血带前即刻 SV 明显低于上驱血带后即刻($P < 0.05$)。上驱血带前即刻 R 组 VIVC 明显高于 NR 组($P < 0.05$)。VIVC 与 ΔSV 呈线性正相关关系($r = 0.627, P < 0.001$)。将诊断金标准定为 $\Delta SV \geq 13\%$, 进行 VIVC 的 ROC 曲线绘制,计算得出曲线下面积(AUC)是 0.886(95% CI 0.734~1.000, $P < 0.01$)。VIVC 判断容量变化的阈值是 15.97%, 灵敏度 88.9%, 特异度为 93.3%。**结论** 在下肢骨科手术中,上驱血带前 VIVC 与上驱血带引起的 SV 变化值呈线性正相关关系,使用超声测量的 VIVC 能对驱血引起的容量变化进行预测,当 VIVC 为 15.97% 时,其预测灵敏度 88.9%, 特异度为 93.3%。

【关键词】 下腔静脉呼吸变异度;容量反应性;驱血带

Prediction of volume responsiveness during tourniquet usage by inferior vena cava respiratory variability

FAN Youjia, DONG Rong. Department of Anesthesiology, Ruijin Hospital North, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 201801, China

Corresponding author: DONG Rong, Email: sally9132@163.com

【Abstract】 Objective To evaluate the ability of the inferior vena cava respiratory variability (VIVC) in predicting the patient's volume responsiveness during the period of tourniquet usage in the lower limb orthopedics under the condition of general anesthesia. **Methods** From March 2017 to October 2017, 37 patients with single lower extremity lisfranc injury under general anesthesia combined with nerve block were selected, including 19 males and 18 females, aged 25 - 50 years, with a BMI 20 - 30 kg/m² and ASA physical status I or II. HR, MAP, SV before and after tourniquet usage under general anesthesia combined with nerve block were recorded. The inferior vena cava respiratory variability (VIVC) was recorded before tourniquet usage. Patients were divided into responding group ($\Delta SV \geq 13\%$, group R) and non-responding group ($\Delta SV < 13\%$, group NR) according to whether the percentage of SV increase (ΔSV) before and after tourniquet usage was $\geq 13\%$, of which group R 18 cases, 19 cases in group NR. The correlation between VIVC and ΔSV was analyzed, and the receiver operating characteristic curve (ROC curve) of VIVC was drawn to evaluate the clinical value of the change in volume caused by tourniquet usage before VIVC. **Results** SV of patients in group R was significantly higher than that before the tourniquet usage ($P < 0.05$). The VIVC in group R before the tourniquet usage was significantly higher than that in group NR ($P < 0.05$). There was a linear positive correlation between VIVC and ΔSV , $r = 0.627, P < 0.001$. When the diagnostic gold standard was set as $\Delta SV \geq 13\%$, the AUC was calculated to be 0.886 (95% CI 0.734 - 1.000, $P < 0.01$). The threshold for VIVC to judge the change in capacity was 15.97%, the

DOI:10.12089/jca.2018.11.006

基金项目:上海卫生计生委科研课题(201540316)

作者单位:201801 上海交通大学医学院附属瑞金医院北院麻醉科(樊又嘉);上海交通大学医学院附属瑞金医院(董榕)

通信作者:董榕,Email:sally9132@163.com

sensitivity was 88.9%, and the specificity was 93.3%. **Conclusion** In the lower extremity orthopedic surgery, VIVC was linearly positively correlated with ΔSV before and after tourniquet usage. VIVC with ultrasound measurement can predict the volume change caused tourniquet usage. When VIVC is 15.97%, its prediction sensitivity is 88.9%. The specificity is 93.3%.

【Key words】 Inferior vena cava respiratory variability; Volume responsiveness; Tourniquet

四肢骨科手术中适当对患肢进行驱血带驱血的操作,可使手术视野清晰,手术操作方便,缩短手术时间。在患肢抬高使用驱血带期间,患肢的血供被阻断,造成心脏的回心血量增加^[1-2]。根据 Frank-Starling 原则,心脏的回心血量增加,心脏每搏量(stroke volume, SV)随之增加。近年来,运用超声测量下腔静脉呼吸变异度(the variability of the inferior vena cava diameter, VIVC)成为一种评估容量反应性的无创方法,便于临床推广运用^[3]。但是 VIVC 用于评估下肢骨科手术中驱血带造成的容量反应性,国内外尚缺乏相关的临床研究,本研究旨在探讨在全麻机械通气条件下,运用 VIVC 预测下肢骨科手术中驱血带引起容量变化的准确性和可行性。

资料与方法

一般资料 本研究经伦理委员会批准同意,所有患者在手术进行之前签署知情同意书。本研究为单中心前瞻性研究,选取 2017 年 3 月至 2017 年 10 月拟在全身麻醉联合神经阻滞下行单下肢 lisfranc 损伤手术患者,性别不限,年龄 25~50 岁, BMI 20~30 kg/m², ASA I 或 II 级。排除标准:有心律失常、心内分流、驱血带运用前使用血管活性药物的患者;有严重肺部疾病、血液疾病或肝肾疾病的患者。根据术中上驱血带前即刻和上驱血带后即刻 SV 增加百分比(ΔSV)是否 $\geq 13\%$ 将患者分为有反应组($\Delta SV \geq 13\%$, R 组)和无反应组($\Delta SV < 13\%$, NR 组)。

麻醉方法 所有患者入室后开放外周静脉,按照 2 ml · kg⁻¹ · h⁻¹ 于外周静脉滴注复方乳酸钠填充生理缺失量。采用多功能监测仪(UT4000B),对患者 HR、BP、SpO₂ 和 P_{ET}CO₂ 进行实时监控,同时使用 Narcotrend 脑电监测仪(20142213194)进行麻醉深度监测。采用便携式超声仪(20152231209),探头频率为 5~10 MHz,行腓窝上坐骨神经阻滞,注入 0.5% 罗哌卡因 10 ml,并在收肌管水平行隐神经阻滞,注入 0.5% 罗哌卡因 5 ml。麻醉诱导:咪达唑仑 0.05 mg/kg、中长链丙泊酚 1~2 mg/kg、舒芬太尼 0.05 μ g/kg、顺苯磺酸阿曲库铵 0.2

mg/kg, 静脉快速诱导行气管内插管,容量控制模式。呼吸参数^[4]: V_T 8 ml/kg、RR 10~12 次/分,通过调整 RR 使 P_{ET}CO₂ 维持在 34~40 mmHg。维持 FiO₂ 70%, 2 L/min。麻醉维持:在手术过程中应用七氟醚维持,持续吸入 2%~3% 七氟醚,术中 Narcotrend 值维持在 37~46。消毒铺巾后,将患肢抬高 60°,使用驱血带从脚趾部位开始缠绕至大腿根部进行驱血,然后使用电动充气式止血带加压,充气压力根据下肢肢体周径计算^[5]:周径 ≤ 50 cm 者,以肢体周径(cm)作为个体充气(kPa)值;周径 > 50 cm 者,充气压力为 50 kPa。

观察指标 在上驱血带前即刻记录所有患者的 HR、MAP、SV 和 VIVC,上驱血带后即刻重复测量 HR、MAP 和 SV。SV 的测定:采用便携式超声仪(M-turbo),相控阵探头频率为 1~5 MHz。患者取平卧位,在一个心动周期内使用超声测量左心室的舒张末期容积(end-diastolic volume, EDV)与收缩末期容积(end-systolic volume, ESV)进行单位时间内的测定,计算 $SV = EDV - ESV$ ^[6]。所有患者的 SV 测定均由同一专业超声科医师完成。以 ΔSV 记为上驱血带前即刻和上驱血带后即刻 SV 增加百分比。VIVC 测定:于上驱血带前即刻测量患者 VIVC,患者取平卧位,采用便携式超声仪(20152231209),超宽频凸阵探头(频率为 2~5 MHz),使用二维模式在患者剑突下获取下腔静脉纵切面。在肝静脉汇入下腔静脉近端 2 cm 处,采用 M 型模式测量,对吸气末下腔静脉直径(IVC_{max})与呼气末下腔静脉直径(IVC_{min})进行依次的测量。每种样本测得三组数据进行平均值计算得到两组平均数据。 $VIVC = (IVC_{max} - IVC_{min}) / IVC_{min} \times 100\%$ 。

统计分析 使用统计软件 SPSS 22.0。正态分布计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用两独立样本 *t* 检验,组内比较采用重复测量数据方差分析。采用 Pearson 法对上驱血带前即刻 VIVC 数值与 ΔSV 进行相关分析。使用受试者工作特征曲线(ROC 曲线),对曲线下面积(AUC)进行计算,评价 VIVC 对容量反应性的诊断价值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

本研究共纳入 37 例患者,全部完成研究。两组患者性别、年龄、体重、BMI 和 ASA 分级等一般情况和上驱血带前补液量和补液总量差异无统计学意义(表 1)。

两组患者不同时点 HR 和 MAP 差异无统计学意义。上驱血带前即刻 R 组 SV 明显低于上驱血带后即刻($P < 0.05$)。上驱血带前即刻 R 组 VIVC 明显大于 NR 组($P < 0.05$)。上驱血带前即刻和上驱血带后即刻两组 HR、MAP 和 SV 差异无统计学意义(表 2)。

所有患者上驱血带前即刻 VIVC 与 ΔSV 呈线性正相关关系($r = 0.627, P < 0.001$)(图 1)。

将诊断金标准定为 $\Delta SV \geq 13\%$, 进行 VIVC 的 ROC 曲线绘制, 计算得出曲线下面积(AUC)是 0.886(95% CI 0.759~1.000, $P < 0.01$)(图 2)。VIVC 判断容量变化的阈值是 15.97%, 灵敏度 88.9%, 特异度为 94.7%。

讨 论

在下肢骨科手术中, 为了达到术野清晰、减少出血量的目的, 在手术操作前常规对患肢进行驱血带驱血操作。在患肢抬高使用驱血带期间, 心脏的回心血量增加和血管的外周阻力上升, 形成循环系统容量负荷下的高动力状态, 这种情况在全身麻醉中更为常见^[7]。在这类手术麻醉过程中, 加强对容量状态的监测对于上驱血带前即刻和上驱血带后即刻的容量治疗具有积极的意义, 特别对一些存在心血管系统疾病的患者。

目前常见的容量状态监测指标分为静态指标和动态指标, 大量的研究发现中心静脉压(CVP)等目前临床上最常用的静态心脏充盈压力指标不能很好地预测容量的反应性。容量反应性的动态指标包括被动抬腿试验, 通过引发前负荷的改变, 同时监测随之变化的 SV, $\Delta SV \geq 13\%$ 常常作为容量反应性诊断的金指标。以往的研究发现被动抬腿

试验的每搏量增加效应在 1 min 内达到最大值, 由于效应短暂, 给测量者的操作带来挑战。近年来, 容量反应的动态指标逐渐发展为以机械通气引发前负荷变化为原理的连续监测指标, 包括每搏变异度(SVV)、脉压变异度(PPV)等, 但是这些指标需要昂贵的耗材, 同时这些指标的监测存在一定的局限性, 如自主呼吸、心律失常的情况下的监测是不准确的。

随着超声设备在麻醉科的普及, 其在容量反应性判断上的应用日益增多。其中 VIVC 检测操作技术相对简单快捷, 受到更多关注。下腔静脉的特点是具有较好的顺应性, 为薄壁容量血管, 在胸内压的数值减小时, 静脉回流至右心房的血液增加, 导致下腔静脉管径减小; 胸内压升高, 回流至右心血量减少, 下腔静脉管径扩张。当患者有效循环血容量减少时, 下腔静脉管径会变小, 同时管径随呼吸运动的变化幅度会增加, 用下腔静脉呼吸变异度来反映这一变化, 下腔静脉呼吸变异度计算公式为 $VIVC = (IVC_{max} - IVC_{min}) / IVC_{min} \times 100\%$ 。文献报道机械通气患者下腔静脉呼吸变异度能够对患者的容量反应性进行预测, 胸内压和血管因素(如潮气量等)可能对 VIVC 的精确性造成影响, 建议容量控制模式潮气量设为 8 ml/kg。本研究中麻醉前对患者行超声引导下外周神经阻滞、术中 Narcotrend 脑电监测仪监测麻醉深度, 降低了疼痛、麻醉深度这些因素对血流动力学造成影响。

本研究通过 ROC 曲线将 $\Delta SV \geq 13\%$ 作为判定容量状态的金标准, 对全麻机械通气的下肢驱血止血带期间 VIVC 对容量变化的诊断能力做对比分析。诊断阈值在 ROC 曲线中的对应点为最靠近左上方的点, 该点表明敏感性与特异性相对高。本研究为 VIVC 绘制的 ROC 曲线下部分的面积值是 0.886, 在 VIVC 的值是 15.97% 的时候 Youden 的值也最大, 所以可知在下肢使用驱血带期间, VIVC 可以精准地对患者的容量反应性进行诊断, 阈值 15.97%, 敏感度为 88.9%, 特异度为 94.7%。

表 1 两组患者一般情况的比较

组别	例数	男/女 (例)	年龄 (岁)	体重 (kg)	BMI (kg/m ²)	ASA I / II 级 (例)	上驱血带前 补液量(ml)	补液总量 (ml)
R 组	18	9/9	39.7±5.2	66.5±4.6	23.7±1.2	9/9	1 144.4±61.6	2 182.9±78.7
NR 组	19	10/9	39.8±4.3	65.2±6.5	23.6±1.7	10/9	1 136.8±76.1	2 199.2±83.3

表 2 两组患者不同时间点血流动力学参数的比较($\bar{x} \pm s$)

指标	组别	例数	上驱血带前即刻	上驱血带后即刻
HR (次/分)	R 组	18	68.7±5.6	67.3±2.5
	NR 组	19	64.3±3.6	68.9±2.9
MAP (mmHg)	R 组	18	73.7±2.7	80.1±2.6
	NR 组	19	76.0±2.8	78.4±3.0
SV (ml/min)	R 组	18	70.2±3.5	81.7±3.9 ^a
	NR 组	19	71.2±5.1	78.0±5.7
VIVC (%)	R 组	18	22.6±9.9 ^b	—
	NR 组	19	11.1±4.5	—

注:与上驱血带前即刻比较, ^a $P < 0.05$; 与 NR 组比较, ^b $P < 0.05$

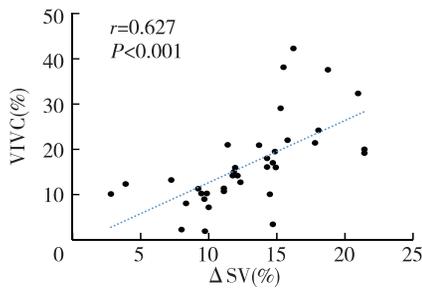


图 1 上驱血带前即刻 VIVC 与 ΔSV 的相关性分析

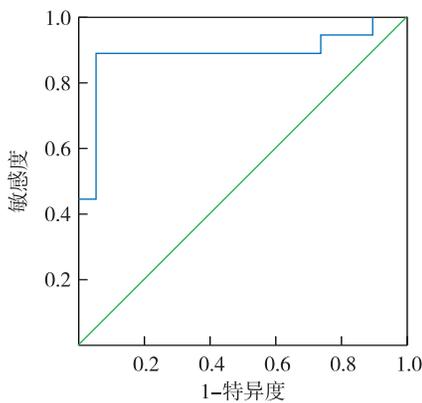


图 2 VIVC 预测上驱血带引起容量变化的 ROC 曲线

本研究不足之处在于仅入组 37 例患者,可能对 ROC 曲线中 VIVC 的诊断阈值精确性造成一定的影响,还要经过深入的研究与验证,同时在之后对松止血带前的容量状态做进一步的研究。

综上所述,在全身麻醉机械通气潮气量为 8 ml/kg 的条件下,VIVC 能够预测下肢骨科手术驱血使用驱血带过程中患者的容量变化,为临床容量治疗提供参考。但同时也应看到,由于本研究为单中心小样本,势必会对结果造成一定的偏倚,在今后的工作中,应增加样本,进行多中心对照研究,以充实研究结果。

参 考 文 献

- [1] 朱美华, 张佳敏, 牛聪, 等. 参附注射液对止血带引起的下肢缺血-再灌注肺损伤的影响. 临床麻醉学杂志, 2017, 33(7): 680-682.
- [2] 彭丽贞. 不同驱血方法在骨科下肢手术中的应用研究. 临床医学工程, 2016, 23(8): 1123-1124.
- [3] Zhang Z, Xu X, Ye S, et al. Ultrasonographic measurement of the respiratory variation in the inferior vena cava diameter is predictive of fluid responsiveness in critically ill patients: systematic review and Meta-analysis. Ultrasound Med Biol, 2014, 40(5): 845-853.
- [4] 徐德利, 林浩, 陶海鹰. 前瞻性随机对照研究总结评估止血带在初次全膝关节表面置换术中的应用价值研究. 河北医学, 2017, 23(8): 1330-1334.
- [5] 吴卓, 吴燕珍, 庞雪利, 等. 气囊止血带缚扎部位的改良对足部手术止血效果的影响. 新中医, 2015, 47(10): 242-244.
- [6] 吴青峰, 王福建, 蔚红, 等. 多普勒心脏超声监测感染性休克患者的被动抬腿试验的容量反应性. 中华急诊医学杂志, 2015, 24(2): 208-210.
- [7] 李永华, 陈巍, 羊黎晔, 等. 右美托咪定抑制全麻下止血带相关反应的临床研究. 临床麻醉学杂志, 2014, 30(2): 118-121.

(收稿日期:2018-02-05)