

## · 论著 ·

DOI: 10.3969/j.issn.0253-9802.2024.05.006

## 超声指导容量复苏在重症创伤患者中应用的研究

代莉, 郭华静, 邓恢伟✉

(中南大学湘雅医学院附属常德医院麻醉科, 湖南 常德 415003)

**【摘要】** 目的 探讨超声指导容量复苏在重症创伤患者救治中的应用价值。方法 选择需要手术治疗的重症创伤患者60例,按随机数表法分为超声指导容量复苏组(U组)和经验治疗对照组(C组),每组30例。所有患者入室后立即进行全身麻醉诱导、中心静脉穿刺并开始手术。U组分别在患者入室后即刻、麻醉诱导后、手术结束时及苏醒后进行超声检查,测量下腔静脉直径(IVC)、主动脉根部峰流速变异( $\Delta V_{\text{peak}}$ )、主动脉根部速度时间积分变异( $\Delta \text{VTI}$ ),并根据超声检查结果指导液体复苏。C组根据心率、平均动脉压、中心静脉压、液体负荷试验、血气分析结果等进行液体复苏。于2组患者入室后即刻( $T_0$ )、入室后1h( $T_1$ )、2h( $T_2$ )、4h( $T_3$ )、6h( $T_4$ )、24h( $T_5$ )采集桡动脉血,检测乳酸浓度,并进行血气分析。观察患者入室后0~<1h、1~<2h、2~<4h、4~6h、0~6h输入晶体液总量、胶体液总量和血制品量。记录患者手术时间、麻醉时间、苏醒时间、拔管时间、出血量、尿量、低血压持续时间、高乳酸浓度持续时间、住院时间、转ICU率、28d病死率及去甲肾上腺素使用总量。结果 与 $T_0$ 比较,U组患者乳酸浓度在 $T_1$ 、 $T_2$ 时升高, $T_4$ 时降至正常浓度;C组乳酸浓度在 $T_1$ ~ $T_3$ 时升高, $T_5$ 时降至正常浓度。与C组比较,U组乳酸浓度在 $T_2$ 、 $T_3$ 时较低,去甲肾上腺素使用总量较少、高乳酸浓度持续时间较短,U组0~<1h输入晶体液量较多,2~<4h、4~6h及0~6h输入晶体液量较少,2~<4h及0~6h输入胶体液量较少,组间比较差异均有统计学意义( $P$ 均<0.05);而2组患者的手术时间、麻醉时间、苏醒时间、拔管时间、住院时间、术中出血量、输入血制品量、氧合指数、尿量、低血压持续时间等比较差异均无统计学意义( $P$ 均>0.05)。结论 超声指导下容量复苏可安全用于重症创伤患者,能减少输液总量和血管活性药物总量、缩短高乳酸浓度持续时间。

**【关键词】** 超声;容量复苏;重症创伤;下腔静脉直径;乳酸

## Application of ultrasound-guided volume resuscitation in severe trauma patients

DAI Li, GUO Huajing, DENG Huiwei✉

(Department of Anesthesiology, Changde Hospital, Xiangya School of Medicine, Central South University, Changde 415003, China)

Corresponding author: DENG Huiwei, E-mail: dhw\_4823@aliyun.com

**【Abstract】** **Objective** To investigate the role of ultrasound-guided volume resuscitation in the treatment of severe trauma. **Methods** Sixty patients with severe trauma requiring surgical intervention were included and randomly assigned into the ultrasound-guided volume resuscitation group (group U,  $n = 30$ ) and the empirical treatment group (group C,  $n = 30$ ) using the random number table method. All patients underwent general anesthesia induction, central venous catheterization and subsequent surgery. In group U, ultrasound examination was conducted for assessing the inferior vena cava (IVC), aortic root peak velocity variation ( $\Delta V_{\text{peak}}$ ) and time integral variation of aortic root velocity ( $\Delta \text{VTI}$ ) upon arrival at the operating room, after general anesthesia induction, at the end of operation and upon resuscitation, respectively. Fluid resuscitation therapy in group U was guided based on these results. In group C, patients were subjected to fluid resuscitation based on heart rate (HR), mean arterial pressure (MAP), central venous pressure (CVP), fluid load test and blood gas analysis results, etc. Radial artery blood samples were collected from all patients immediately upon arrival at the OR ( $T_0$ ), at 1 h ( $T_1$ ), 2 h ( $T_2$ ), 4 h ( $T_3$ ), 6 h ( $T_4$ ), and 24 h ( $T_5$ ) post-arrival, and lactate levels along with other blood gas analysis results were recorded accordingly. Additionally, the total amount of crystalloids and colloids administered from 0~<1 h, 1~<2 h, 2~<4 h, 4~6 h, and 0~6 h since arrival were documented. The operation time, anesthesia duration, postoperative recovery time, extubation time, blood loss volume, urine output, duration of hypotension, duration of elevated lactate levels, length of hospital stay, ICU transfer rate, 28-d mortality rate, and the total amount of norepinephrine use were recorded. **Results** Compared with  $T_0$ , lactate levels in group U exhibited an increase at  $T_1$  and  $T_2$ , and followed by a return to normal levels at  $T_4$ . In group C, an elevation in lactate

收稿日期: 2024-01-08

基金项目: 常德市科技创新指导项目(2022ZD35)

作者简介: 代莉, 副主任医师, 研究方向: 围术期脏器功能保护, E-mail: dai1520101@163.com; 邓恢伟, 通信作者, 副主任医师, 研究方向: 围术期脏器功能保护, E-mail: dhw\_4823@aliyun.com

levels was demonstrated at  $T_1$ ~ $T_3$ , which subsequently decreased to normal levels at  $T_5$ . Patients in group U displayed lower lactate levels at both  $T_2$  and  $T_3$  than those in group C. Additionally, patients in group U exhibited reduced overall usage of norepinephrine and a shorter duration of elevated lactate levels. Moreover, patients in group U received a higher volume of crystalloid fluids during the initial hour (0-1 h), and lesser amounts during 2-4 h and 4-6 h as well as overall within 0-6 h, respectively. Furthermore, compared to the group C, there was less administration of colloid fluids during 2-4 h and overall within 0-6 h in group U (all  $P < 0.05$ ). However, no statistically significant differences were observed in the operation time, anesthesia duration, postoperative recovery time, extubation time, length of hospital stay, intraoperative blood loss, transfusion volume, oxygenation index, urine output or duration of hypotension between two groups (all  $P > 0.05$ ). **Conclusion** Ultrasound-guided volume resuscitation can be safely employed in severe trauma patients, which can reduce the total amount of transfusion, decrease the total dosage of vasoactive medications, and shorten the duration of elevated lactate levels.

**【Key words】** Ultrasound; Volume resuscitation; Severe trauma; Inferior vena cava; Lactic acid

每年有超过 800 万人死于严重创伤。创伤是全球人群的第三大致死致残原因，也是导致 45 岁以下成年人或儿童的首要死亡原因<sup>[1]</sup>。创伤导致的死亡和伤残仍然是全球公共卫生威胁之一。此外，创伤相关性伤亡可造成严重的经济后果，给家庭和社会造成沉重负担。

创伤的救治体系包括院前急救、院内救治及后期康复。其中容量复苏在重症创伤患者早期救治中起关键作用。液体复苏不足或过量，均可造成严重后果，甚至严重影响患者预后。选择合适的方法指导容量复苏在重症创伤患者的救治中具有重要意义<sup>[2,3]</sup>。传统上，临床评估容量反应性的方法包括静态测量中心静脉压、肺动脉楔压和动态监测每搏量变异度及脉压变异度。但由于存在获取风险以及这些测量结果解读的限制，而阻碍了它们的临床应用<sup>[4,6]</sup>。床旁超声为临床医师提供了用于评估血管内容量状态和液体反应的无创监测方法，并显示出其独特的临床价值<sup>[7,8]</sup>。本研究拟探讨超声指导容量复苏效果，为重症创伤患者的救治提供理论支持。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

选择 2023 年 3 月—10 月我院急诊收治的 60 例重症创伤手术患者为研究对象。纳入标准：因重症创伤（肝脾破裂、骨盆骨折）行手术，预计手术时长 2~4 h；美国麻醉医师协会（ASA）分级 2~3 级，年龄 18~65 岁，BMI 18.5~30.0 kg/m<sup>2</sup>。排除标准：术前合并其他重要器官功能障碍者；严重肝肾功能异常者；脑器质性疾病患者；严重高血压、冠状动脉粥样硬化性心脏病、心功能不全

（NYHA 心功能分级≥Ⅲ级）、肺动脉高压患者；血液系统疾病患者；凝血功能异常者；严重呼吸系统疾病及其他研究者认为不适合入组的情况。采用随机数表法，将 60 例患者按 1 : 1 比例随机分为超声指导容量复苏组（U 组）和经验治疗对照组（C 组），每组 30 例。研究方案经医院伦理委员会批准（批件号：YX-2023-022-02），入组患者或其授权家属均已签署知情同意书。

### 1.2 方法

本研究采用单盲法分组，术后评估人员及数据统计分析的研究人员不清楚分组情况，麻醉医师知道分组情况，及时处理患者。由专业统计分析人员完成最后的数据分析，执行分组、干预、评估的研究人员不参与其中。所有患者术中予以必要的呼吸循环支持，手术前后积极按照相关治疗原则进行治疗。

麻醉诱导：使用咪达唑仑 0.02 mg/kg，舒芬太尼 0.3~0.5 μg/kg，苯磺酸顺阿曲库铵 0.2 mg/kg，依托咪酯 0.2~0.3 mg/kg，气管插管后行机械通气。麻醉维持：以恒速静脉泵注瑞芬太尼 0.1~0.3 μg/(kg·min)，丙泊酚 4~8 mg/(kg·h)，并适当追加舒芬太尼和苯磺酸顺阿曲库铵。尽可能维持术中血流动力学稳定，控制血压在患者基础值的 20% 以内，脑电双频指数（BIS）维持在 40~60。出现低血压时予去甲肾上腺素单次静脉注射或持续泵注，必要时辅助其他血管活性药。术后根据患者病情苏醒情况送回病房或送 ICU 进一步治疗。术后治疗以重症创伤患者医疗常规进行处理。

C 组术中液体复苏按经验治疗进行，即根据心率、平均动脉压、中心静脉压、液体负荷试验、血气分析等输注晶体、胶体和血制品。

U 组分别在入室后即刻、麻醉诱导后、手术

结束时及苏醒后利用 Versana Active Expert 彩色多普勒超声仪在剑突下测量下腔静脉直径 (IVC), 在心尖5腔心切面测量主动脉根部峰流速变异度 ( $\Delta V_{\text{peak}}$ )、速度时间积分变异度 ( $\Delta \text{VTI}$ )。其中自主呼吸呼气末 IVC 直径  $<10 \text{ mm}$ 、机械通气呼气末 IVC 直径  $<15 \text{ mm}$ , 提示低血容量; 下腔静脉充盈固定, IVC 直径  $>20 \text{ mm}$  提示容量过负荷。 $\Delta V_{\text{peak}} = [V_{\text{peak}(\text{max})} - V_{\text{peak}(\text{min})}] / V_{\text{peak}(\text{mean})}$ ,  $V_{\text{peak}(\text{max})}$  为主动脉根部测量主动脉血流  $V_{\text{peak}}$  最大值,  $V_{\text{peak}(\text{min})}$  为最小值,  $V_{\text{peak}(\text{mean})}$  为平均值,  $\Delta V_{\text{peak}} > 12\%$  提示存在容量反应性。 $\Delta \text{VTI} = (\text{VTI}_{\text{max}} - \text{VTI}_{\text{min}}) / \text{VTI}_{\text{mean}}$ ,  $\text{VTI}_{\text{max}}$  为主动脉根部测量主动脉血流频谱 VTI 最大值,  $\text{VTI}_{\text{min}}$  为最小值,  $\text{VTI}_{\text{mean}}$  为平均值,  $\Delta \text{VTI} > 20\%$  提示存在容量反应性。当术中循环波动较大时, 随时测量  $\Delta V_{\text{peak}}$ 、 $\Delta \text{VTI}$ 、IVC (骨盆手术), 并根据以上超声检查结果输注晶体液、胶体液和血制品。

其他治疗措施均按标准治疗程序进行。

### 1.3 观察指标

分别于患者入手术室后即刻 ( $T_0$ )、入室后 1 h ( $T_1$ )、2 h ( $T_2$ )、4 h ( $T_3$ )、6 h ( $T_4$ )、24 h ( $T_5$ ) 采集桡动脉血, 检测乳酸浓度, 并进行血气分析, 计算氧合指数 ( $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ )。观察患者入手术室后 0~1 h、1~2 h、2~4 h、4~6 h、0~6 h 输入晶体总量、胶体总量及输入红细胞、血浆、冷沉淀等血制品总量。记录患者手术时间、麻醉时间、出血量、尿量、术后苏醒时间、拔管时间、低血压持续时间 ( $\text{MAP} < 60 \text{ mmHg}$ )、高乳酸浓度 (乳酸浓度  $> 1.6 \text{ mmol/L}$ ) 持续时间、住院时间、转 ICU 率、围术期并发症、28 d 病死率及血管活性药使用量。

### 1.4 样本量估计

本研究以入室后 2 h 乳酸浓度作为主要结局变量, 采用 1 : 1 平行对照设计, 根据预试验结果, 超声指导复苏组 2 h 乳酸平均浓度  $\mu_U = 3.4 \text{ mmol/L}$ , C 组乳酸平均浓度  $\mu_C = 4.5 \text{ mmol/L}$ ,  $s = 1.0$ , 假设本研究 I 类错误双侧概率  $\alpha = 0.05$ , 检验效能  $1 - \beta = 0.90$ , 采用 PASS 15.0 软件计算出每组最小样本量为 26, 考虑 10% 的脱落率, 因此每组需要纳入的样本量为 30 例, 2 组共计 60 例。

### 1.5 统计学处理

采用 SPSS 23.0 处理数据, 符合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。计数资料以  $n(\%)$  表示, 组间比较采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 确切概率法。  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 2组重症创伤手术患者的一般情况比较

2 组患者均顺利完成手术, 无 1 例剔除。2 组患者的性别构成、年龄、手术类型、手术时间、麻醉时间、苏醒时间、拔管时间、住院时间、转 ICU 率和 28 d 病死率组间比较差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。在去甲肾上腺素辅助下, 未使用其他血管活性药物, 2 组患者术中生命体征基本平稳, 术中出血量、尿量、低血压持续时间组间比较差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); U 组使用去甲肾上腺素总量较少、高乳酸浓度持续时间较短 ( $P < 0.05$ )。见表 1。

### 2.2 2组重症创伤手术患者在不同时间点的乳酸浓度和氧合指数比较

与  $T_0$  比较, U 组患者乳酸浓度在  $T_1$ 、 $T_2$  时升高,  $T_4$  时降至正常浓度; C 组乳酸浓度在  $T_1 \sim T_3$  时升高,  $T_5$  时降至正常浓度。与 C 组比较, U 组乳酸浓度在  $T_2$ 、 $T_3$  时较低 ( $P < 0.05$ )。2 组患者氧合指数在各时间点比较差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 2。

### 2.3 2组重症创伤手术患者在不同时间段的液体输入量比较

与 C 组比较, U 组 0~1 h 输入晶体液量较多, 2~4 h、4~6 h 及 0~6 h 输入晶体液量较少, 2~4 h 及 0~6 h 输入胶体量较少 ( $P < 0.05$ )。见表 3。

### 2.4 2组重症创伤手术患者在不同时间段的输入血制品量比较

2 组患者在不同时间段输入红细胞、血浆及冷沉淀量比较差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 4。

## 3 讨论

容量复苏的目的是改善组织灌注, 复苏效果与重症创伤患者的预后密切相关<sup>[9]</sup>。血乳酸浓度虽然受组织灌注不足、肝功能障碍、血管活性药物等影响, 并且变化较慢, 但目前仍被认为是反映组织灌注和预后的良好指标, 常用于评价复苏效果。

对危重症患者大血管进行迅速、有效地评估, 可提高重症创伤患者的救治成功率, 并避免容量过负荷等不良事件的发生。相较于传统反映容量反应性的指标, 心率、血压明显具有滞后性, 中

表1 2组重症创伤手术患者的一般情况比较

Table 1 Comparison of general situation between two groups of patients undergoing severe trauma surgery

项目	U组 (n=30)	C组 (n=30)	$\chi^2/t$ 值	P 值
男性 /n (%)	21 (70.0)	20 (67.0)	0.226	0.825
年龄 / 岁	59.6 ± 7.3	61.2 ± 7.9	0.593	0.576
手术类型 /n (%)			0.311	0.752
肝破裂	8 (26.7)	9 (30.0)		
脾破裂	12 (40.0)	11 (36.7)		
肝脾破裂	5 (16.7)	6 (20.0)		
骨盆骨折	5 (16.7)	4 (13.3)		
手术时间 /min	195.5 ± 21.3	188.7 ± 18.5	-0.625	0.531
麻醉时间 /min	226.2 ± 23.5	231.7 ± 26.7	0.482	0.702
苏醒时间 /min	28.6 ± 9.2	33.7 ± 11.2	1.522	0.096
拔管时间 /min	30.5 ± 9.7	37.1 ± 12.5	1.806	0.081
住院时间 /d	11.5 ± 2.6	12.2 ± 3.1	0.937	0.231
转 ICU/n (%)	1 (3.3)	2 (6.7)	—	0.752 <sup>a</sup>
28 d 病死率 /%	0	0	—	1.000 <sup>a</sup>
术中出血量 /mL	1 085.6 ± 220.8	1 022.8 ± 216.3	-1.062	0.226
尿量 /mL	755.3 ± 86.4	612.4 ± 72.6	-1.856	0.076
去甲肾上腺素总量 / $\mu$ g	852.7 ± 126.1	1 060.6 ± 142.1	3.232	0.002
低血压持续时间 /min	15.2 ± 4.1	20.6 ± 5.8	1.429	0.132
高乳酸浓度持续时间 /h	4.2 ± 1.3	7.7 ± 1.8	3.175	0.003

注：<sup>a</sup>Fisher 确切概率法；—为无数据。

表2 2组重症创伤手术患者在不同时间点的乳酸浓度和氧合指数比较

Table 2 Comparison of lactate levels and oxygenation index at different time points between two groups of patients undergoing severe trauma surgery ( $\bar{x} \pm s$ )

组别 n	乳酸浓度 / (mmol/L)						氧合指数 / mmHg					
	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>
U组 30	2.6±0.6	3.8±0.7	3.2±0.6	2.1±0.5	1.4±0.3	0.7±0.1	486.7±53.2	448.3±47.5	431.6±43.5	451.2±48.7	458.7±50.3	466.9±52.2
C组 30	2.5±0.6	4.1±0.8	4.6±1.0	4.0±0.8	1.7±0.5	0.8±0.2	465.3±50.8	451.2±49.1	416.6±38.7	422.7±43.1	433.6±48.5	451.8±51.6
t 值	-0.342	0.817	2.207	2.416	1.137	0.402	-0.436	-0.311	-0.387	-0.632	-1.206	-0.478
P 值	0.811	0.455	0.032	0.025	0.141	0.795	0.725	0.821	0.766	0.521	0.113	0.633

表3 2组重症创伤手术患者在不同时间段的液体输入量比较

Table 3 Comparison of fluid input volume between two groups of patients undergoing severe trauma surgery at different time periods ( $\bar{x} \pm s$ )

组别 n	晶体液 /mL					胶体液 /mL				
	0~<1 h	1~<2 h	2~<4 h	4~6 h	0~6 h	0~<1 h	1~<2 h	2~<4 h	4~6 h	0~6 h
U组 30	623.3±152.4	492.2±101.6	721.7±196.3	684.6±162.7	2 528.6±352.4	516.8±105.3	385.2±67.8	401.7±76.3	125.4±36.7	1 425.3±200.6
C组 30	571.7±125.8	531.6±113.2	885.3±230.6	817.1±192.4	2 811.3±388.7	495.2±87.4	426.4±71.5	490.9±95.2	181.7±42.8	1 593.1±217.3
t 值	-2.985	1.711	3.462	2.375	3.152	-0.618	1.632	2.217	1.692	2.416
P 值	0.004	0.092	0.001	0.026	0.003	0.535	0.091	0.031	0.089	0.017

心静脉压等具有创性，而且干扰因素较多，应用价值受到很大限制<sup>[10]</sup>。超声作为一种经济、无创、可实时重复获得临床数据的新兴技术，提供了一种预测容量反应性的重要方法，在重症创伤患者中具有广泛的适用性。目前常用于评估容量反应性的超声指标包括：① IVC，通过评估整个呼吸周

期 IVC 的变化，确定容量反应性，比静态测量更能反映患者的容量状态<sup>[11-13]</sup>。② 主动脉根部  $\Delta V_{\text{peak}}$ ，因主动脉瓣环直径相对固定，主动脉血流量的变化可以代表每搏量的变化，在呼吸周期中主动脉流速的变化可以预测容量反应性。③ 主动脉根部  $\Delta \text{VTI}$ ，为容量反应性的敏感指标<sup>[14]</sup>。因此，超声

表4 2组重症创伤患者不同时间段的血制品输入量比较

Table 4 Comparison of blood product input between two groups of patients undergoing severe trauma surgery at different time periods ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	n	红细胞 /U					血浆 /mL					冷沉淀 /U				
		0~<1 h	1~<2 h	2~<4 h	4~6 h	0~6 h	0~<1 h	1~<2 h	2~<4 h	4~6 h	0~6 h	0~<1 h	1~<2 h	2~<4 h	4~6 h	0~6 h
U组	30	1.5±0.3	2.1±0.6	0.5±0.1	0.2±0.1	4.01±0.82	198.3±41.6	311.8±72.1	106.4±32.6	48.2±12.2	659.4±105.8	1.1±0.3	2.1±0.6	3.2±0.8	0.5±0.1	6.9±1.1
C组	30	1.6±0.3	2.2±0.6	0.4±0.1	0.2±0.1	4.16±0.86	225.7±57.2	334.7±81.3	85.2±28.7	34.9±10.4	680.7±113.2	1.2±0.3	2.2±0.7	3.0±0.7	0.4±0.1	6.8±1.1
t值		0.634	0.326	-0.517	-0.113	0.198	0.726	0.797	-1.153	-1.652	1.325	0.501	0.414	-0.385	-0.613	-0.136
P值		0.523	0.785	0.621	0.896	0.822	0.385	0.316	0.156	0.087	0.121	0.685	0.711	0.752	0.548	0.921

可以帮助临床医师对重症创伤手术患者做出快速的、恰当的重大治疗决策。

本研究显示,患者进入手术室时,乳酸浓度均存在不同程度升高,表明创伤后机体因失血性贫血、低血容量休克等,出现组织灌注不足、代谢障碍,乳酸生成增加。经过容量复苏后,2组患者乳酸浓度均下降,表明对于重症创伤患者,积极容量复苏可改善组织灌注;而U组乳酸更快下降至正常浓度,表明超声指导下容量复苏更及时、更充分。

U组早期液体输入量较多,而2组患者在出血量、输入血制品量、氧合指数及并发症方面比较差异均无统计学意义,表明超声指导下早期容量复苏并未增加并发症,根据超声实时监测结果,可实现个体化液体复苏管理,增加在重症创伤患者应用中的安全性。U组晶体液和胶体液输入总量较少,表明既往经验治疗组可能存在早期容量复苏不够,而后期容量过负荷风险,这对术后缺乏严密监测患者风险更大。虽然2组患者在住院时间和28d病死率方面比较差异无统计学意义,但U组使用去甲肾上腺素总量较小,高乳酸浓度持续时间较短,表明超声指导下容量可更快达到复苏效果,降低并发症的发生率。

本研究结果表明,对重症创伤患者,超声指导下早期大容量快速输注晶体液,可以安全、迅速达到组织灌注要求,获得良好复苏效果,不会增加心力衰竭、肺水肿等并发症风险。晶体液可以在手术阶段获得与胶体液同样的复苏效果,可避免大量输注胶体液的不良反应,具有一定的应用价值。但对于缺乏血源的院前急救阶段是否具有相同效果还有待进一步研究。

综上所述,超声指导下容量复苏可安全用于重症创伤患者,能减少输液总量、减少血管活性药物总量和高乳酸浓度持续时间,值得在重症创伤患者中推广应用。但本研究样本量较少,随访

时间较短,仅研究了手术室这一段时间的容量复苏情况,后期研究将扩展到院前急救、术后复苏阶段,并增加长期预后的观察,以期更好地指导临床应用。

## 参 考 文 献

- [1] ZHOU J, WANG T, BELENKIY I, et al. Management of severe trauma worldwide: implementation of trauma systems in emerging countries: China, Russia and South Africa [J]. Crit Care, 2021, 25 (1): 286. DOI: 10.1186/s13054-021-03681-8.
- [2] MEGRI M, FRIDENMAKER E, DISSELKAMP M. Where are we heading with fluid responsiveness and septic shock [J]. Cureus, 2022, 14 (4): e23795. DOI: 10.7759/cureus.23795.
- [3] KATTAN E, BAKKER J, ESTENSSORO E, et al. Hemodynamic phenotype-based, capillary refill time-targeted resuscitation in early septic shock: The ANDROMEDA-SHOCK-2 Randomized Clinical Trial study protocol [J]. Rev Bras Ter Intensiva, 2022, 34 (1): 96-106. DOI: 10.5935/0103-507X.20220004-pt.
- [4] MONNET X, SHI R, TEBOUL J L. Prediction of fluid responsiveness. What's new [J]. Ann Intensive Care, 2022, 12 (1): 46. DOI: 10.1186/s13613-022-01022-8.
- [5] DE SOUZA T B, RUBIO A J, CARIOCA F L, et al. Carotid Doppler ultrasonography as a method to predict fluid responsiveness in mechanically ventilated children [J]. Paediatr Anaesth, 2022, 32 (9): 1038-1046. DOI: 10.1111/pan.14513.
- [6] ABDULLAH T, ALI A, SAKA E, et al. Ability of short-time low peep challenge to predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patients in the intensive care [J]. J Clin Monit Comput, 2022, 36 (4): 1165-1172. DOI: 10.1007/s10877-021-00752-7.
- [7] HUAN C, LU C, SONG B, et al. The shape change index (SCI) of inferior vena cava (IVC) measuring by transabdominal ultrasound to predict the presence of septic shock in intensive care unit (ICU) patients [J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2019, 23 (6): 2505-2512. DOI: 10.26355/eurrev\_201903\_17398.
- [8] 柯慧娟, 吴爽, 马琴琴, 等. 重症超声引导下液体复苏与早期目标导向治疗对复苏效果 血流动力学和氧代谢指标的影响 [J]. 中国急救医学, 2021, 41 (8): 676-682. DOI:

- 10.3969/j.issn.1002-1949.2021.08.006.
- KE H J, WU S, MA Q Q, et al. Effect of ultrasound-guided fluid resuscitation vs. early goal-directed therapy on hemodynamics and oxygen metabolism in the patients with septic shock [ J ]. Chin J Crit Care Med, 2021, 41 ( 8 ): 676-682. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2021.08.006.
- [ 9 ] KUSUMASTUTI N P, LATIEF A, PUDJIADI A H. Inferior vena cava/abdominal aorta ratio as a guide for fluid resuscitation [ J ]. J Emerg Trauma Shock, 2021, 14 ( 4 ): 211-215. DOI: 10.4103/JETS.JETS\_154\_20.
- [ 10 ] 沈兴, 李佳芬, 禄子薇, 等. 儿童脓毒性休克液体复苏策略 [ J ]. 西南医科大学学报, 2023, 46 ( 3 ): 203-207. DOI: 10.3969/j.issn.2096-3351.2023.03.004.
- SHEN X, LI J Q, LU Z W, et al. Fluid resuscitation strategies for septic shock in children [ J ]. J Southwest Med Univ, 2023, 46 ( 3 ): 203-207. DOI: 10.3969/j.issn.2096-3351.2023.03.004.
- [ 11 ] 于洋, 张龔, 朱曦, 等. 目标导向液体复苏在剖宫产术中产后出血容量管理中的应用 [ J ]. 中华危重病急救医学, 2021, 33 ( 3 ): 305-310. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20201016-00672.
- YU Y, ZHANG Y, ZHU X, et al. Application of goal-oriented fluid replacement therapy in volume management of postpartum hemorrhage during cesarean section [ J ]. Chin Crit Care Med, 2021, 33 ( 3 ): 305-310. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20201016-00672.
- [ 12 ] CHONG Y, YU Y, ZHAO Y, et al. Value of inferior vena cava diameter and inferior vena cava collapse index in the evaluation of peripartum volume: a prospective cohort study [ J ]. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol, 2023, 285 : 69-73. DOI: 10.1016/j.ejogrb.2023.03.045.
- [ 13 ] XIONG Z, ZHANG G, ZHOU Q, et al. Predictive value of the respiratory variation in inferior vena cava diameter for ventilated children with septic shock [ J ]. Front Pediatr, 2022, 10 : 895651. DOI: 10.3389/fped.2022.895651.
- [ 14 ] JUNG S, KIM J, NA S, et al. Ability of carotid corrected flow time to predict fluid responsiveness in patients mechanically ventilated using low tidal volume after surgery [ J ]. J Clin Med, 2021, 10 ( 12 ): 2676. DOI: 10.3390/jcm10122676.
- (责任编辑: 林燕薇)

