

去甲肾上腺素联合目标导向血流动力学管理 对肝部分切除术患者术后恢复质量的影响

彭晓慧 顾尔伟 陈立建 张雷 王雷

【摘要】 目的 观察低中心静脉压(LCVP)管理联合目标导向血流动力学管理(GDHT)与去甲肾上腺素联合 GDHT 对肝部分切除术患者术中管理和术后恢复质量的影响。方法 选择择期行肝部分切除术患者 70 例,男 43 例,女 27 例,年龄 18~75 岁,ASA II 或 III 级,心功能 NYHA I 或 II 级,Child-Pugh 评分 A 或 B 级。随机分为两组:LCVP 管理联合 GDHT 组(LG 组, $n=33$)和去甲肾上腺素联合 GDHT 组(NG 组, $n=37$)。两组均桡动脉连接 FloTrac/Vigileo 系统监测每搏量变异度(SVV)和心脏指数(CI),术中以 MAP、SVV 和 CI 为目标行 GDHT。LG 组在行肝部分切除术时,调控 CVP ≤ 5 mmHg;NG 组在麻醉诱导时开始泵注去甲肾上腺素 $0.04\sim 0.20 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,直至手术结束。记录术中失血量、肝脏切除期间失血量、术中输血量;记录术后首次排气时间;记录术后急性肾损伤(AKI)、术后肺部并发症(PPCs)的发生情况以及术后住院时间。结果 NG 组术中输血量明显少于 LG 组($P<0.05$),术后首次排气时间明显短于 LG 组($P<0.05$)。两组术中失血量、肝脏切除期间失血量和术后住院时间差异无统计学意义。两组术后 AKI、PPCs 发生率差异无统计学意义。结论 与 LCVP 管理联合 GDHT 比较,去甲肾上腺素联合 GDHT 可以安全用于肝部分切除术,可减少术中输血量,缩短患者术后首次排气时间。

【关键词】 去甲肾上腺素;目标导向血流动力学管理;肝部分切除术;术后肺部并发症;急性肾损伤;术中输血量

Effect of norepinephrine combined with goal-directed haemodynamic therapy on postoperative recovery quality in patients undergoing partial hepatectomy PENG Xiaohui, GU Erwei, CHEN Lijian, ZHANG Lei, WANG Lei. Department of Anesthesiology, the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230032, China

Corresponding author: GU Erwei, Email: ay_guew_mz@163.com

【Abstract】 Objective To observe the effect of norepinephrine combined with goal-directed haemodynamic therapy and goal-directed haemodynamic therapy combined with low central venous pressure management on the intraoperative management and postoperative outcomes in patients undergoing partial hepatectomy. **Methods** Seventy patients selected for partial hepatectomy surgery, 43 males and 27 females, aged 18–75 years, ASA physical status II or III, NYHA I or II, Child-Pugh A or B, were enrolled in this study and randomly assigned to two groups: goal-directed haemodynamic therapy combined with low central venous pressure management group (group LG, $n = 33$) and norepinephrine combined with goal-directed haemodynamic therapy group (group NG, $n = 37$). The FloTrac/Vigileo system was used to obtain the stroke volume variation (SVV) and cardiac index (CI) in the two groups. In group LG, CVP ≤ 5 mmHg was regulated during partial hepatectomy. In group NG, small dose ($0.04\sim 0.20 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) of norepinephrine was infused upon anesthesia induction to the end of the operation. Intraoperative blood loss, blood loss during liver resection, and intraoperative fluid infusion were recorded. Postoperative intestinal exhaust time, postoperative acute kidney injury (AKI), and postoperative pulmonary complications (PPCs) occurrence were recorded. The postoperative hospital stay was also recorded. **Results** Compared with group LG, group NG had less intraoperative fluid infusion and shorter exhaust time. There was no statistically significant difference in the incidence of AKI and PPCs between the two groups. There was no statistically significant difference in blood loss during operation, blood loss during liver resection, and postoperative hospital stay between the two groups. **Conclusion** Compared with goal-directed haemodynamic therapy combined with low central venous pressure management, norepinephrine combined with goal-directed haemo-

DOI:10.12089/jca.2021.06.003

基金项目:国家自然科学基金(81970542);安徽省重点研究和开放计划(1804h08020267)

作者单位:230032 合肥市,安徽医科大学第一附属医院麻醉科

通信作者:顾尔伟,Email: ay_guew_mz@163.com

dynamic therapy can reduce intraoperative fluid infusion and shorten postoperative exhaust time in patients undergoing partial hepatectomy.

【Key words】 Norepinephrine; Goal-directed haemodynamic therapy; Partial hepatectomy; Postoperative pulmonary complications; Acute kidney injury; Intraoperative infusion

近年来,围术期容量管理由开放性或限制性补液策略转变为目标导向血流动力学管理(goal-directed haemodynamic therapy, GDHT)。肝部分切除术是外科常见的手术类型,由于肝脏血供丰富,采用低中心静脉压(low central venous pressure, LCVP)管理,可以减少术中失血,提高患者术后生存率^[1]。研究^[2-3]表明,术中长时间 LCVP 在减少出血量的同时,也带来重要脏器低灌注的风险。麻醉药物具有负性肌力作用并可引起血管扩张,麻醉状态下的血管容积明显增大。单纯靠输注液体来维持正常生理状态,即使有 GDHT 作为指导,手术患者也会输入比正常生理状态更多的液体,进而影响术后心、肺、肾和肠道功能的恢复。 α_1 肾上腺素能受体激动药可收缩血管,对抗麻醉药物所致的扩血管作用,配合适当的容量治疗,可补充因麻醉药物引起的相对性循环容量不足,从而维持重要脏器的血流灌注,减少对输液的过度依赖。去甲肾上腺素是 α 和 β 肾上腺素能受体激动药,在收缩内脏血管的同时,降低肝静脉和下腔静脉阻力,增加内脏-下腔静脉压力差,改善内脏静脉回流。本研究观察 LCVP 管理联合 GDHT 与去甲肾上腺素联合 GDHT 对肝部分切除术患者术中管理和术后恢复质量的影响,以期为临床提供参考。

资料与方法

一般资料 本研究经伦理委员会批准[安医一附院伦审-快-PJ2017-08-04(1)],患者或家属签署知情同意书。选择 2019 年 1—9 月择期行肝部分切除术患者,性别不限,年龄 18~75 岁,ASA II 或 III 级,心功能 NYHA I 或 II 级,Child-Pugh A 或 B 级,预计手术时间 2~4 h。排除标准:有严重心脏病,心律失常,肝肾功能不全,急性上呼吸道感染,慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)急性发作期。剔除标准:围术期大出血(出血量>800 ml),术后再行急诊手术,研究过程中自行退出研究。

麻醉方法 入室后监测 ECG、BP 和 SpO₂,采用 BIS VISTA 监测仪监测镇静深度。开放外周静脉通路,局麻下行左桡动脉穿刺置管监测动脉压,并连接 Flotrac/Vigileo 系统监测每搏量变异度(stroke

volume variation, SVV)和心脏指数(cardiac index, CI)。局麻下行右侧颈内静脉穿刺,行中心静脉测压,其中主腔行液体输注,侧腔用于血管活性药物管理。静脉注射咪达唑仑 0.02 mg/kg 镇静,5 min 后记录 HR、MAP、BIS 作为基础值。麻醉诱导:缓慢静注舒芬太尼 0.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$,靶控输注丙泊酚,初始血浆药物浓度 1.0 $\mu\text{g}/\text{ml}$,以 0.3 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 梯度递增,BIS 60 左右时给予罗库溴铵 0.6 mg/kg,待患者肌松完全,BIS 45~50 后完成气管插管。麻醉维持:靶控输注丙泊酚,效应室浓度 1.5~2.5 $\mu\text{g}/\text{ml}$,维持 BIS 45~50;静脉输注瑞芬太尼 0.03~0.20 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,间断静脉注射罗库溴铵维持肌松。

手术结束时静脉注射舒芬太尼 0.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、氟比洛芬酯 1 mg/kg。术后行患者自控静脉镇痛(patient-controlled intravenous analgesia, PCIA),镇痛泵配方:舒芬太尼 2.5~3.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、氟比洛芬酯 150 mg 加生理盐水稀释至 150 ml,背景输注速率 2 ml/h,单次剂量 2.0 ml,锁定时间 15 min,维持视觉模拟评分(visual analogue score, VAS)<3 分。

分组与处理 采用随机数字表法将患者分为两组:LCVP 管理联合 GDHT 组(LG 组)和去甲肾上腺素联合 GDHT 组(NG 组)。两组麻醉诱导期间均输注晶体液 6~8 ml/kg,术中以 MAP、SVV 和 CI 为指导行 GDHT。两组术中均不使用利尿药。Hb<70 g/L 为输注红细胞指征。

LG 组依据 MAP、SVV 和 CI 参数维持血流动力学平稳。当 SVV>13%且持续时间>2 min 时,给予羟乙淀粉 130/0.4(3 ml/kg 于 10 min 内快速输注),可重复输注至 SVV \leq 13%,输注总量<50 ml/kg。若 SVV \leq 13%,如果 CI<2.5 L \cdot min⁻¹ \cdot m⁻²,则予以正性肌力药多巴酚丁胺 1.0~5.0 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 泵注,使 CI \geq 2.5 L \cdot min⁻¹ \cdot m⁻²;若 SVV \leq 13%、CI \geq 2.5 L \cdot min⁻¹ \cdot m⁻²,但 MAP \leq 65 mmHg 或降低幅度超过基础值的 20%,则予以去氧肾上腺素 40~80 μg 静注,可重复注射至 MAP \geq 65 mmHg。若 MAP 升高幅度超过基础值的 20%,BIS 45~50,则予以尼卡地平 0.2 mg 静注,可重复。术中维持 HR 50~80 次/分。肝脏切除期间通过调整体位和(或)泵注硝酸甘油等维持 CVP \leq 5 mmHg^[4]。

NG 组在麻醉诱导时即开始泵注小剂量去甲肾

上腺素,起始剂量为 $0.04 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,根据血流动力学调整输注剂量 $\leq 0.2 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,直至手术结束。GDHT 方法同 LG 组,肝脏切除期间观察 CVP 变化。

观察指标 记录麻醉诱导前 5 min (T_0)、手术开始(T_1)、切肝前 5 min (T_2)、肿瘤切除(T_3)、切肝后 5 min (T_4)、手术结束(T_5)时 MAP、HR、CVP、SVV、CI;术中失血量、肝脏切除期间失血量、术中输血量(晶体液、胶体液、红细胞悬液、新鲜冰冻血浆)、术中尿量;术中血管活性药物如尼卡地平、去氧肾上腺素、去甲肾上腺素、硝酸甘油等使用情况; PACU 恢复指标(自主呼吸恢复时间、拔管时间、PACU 滞留时间、术后首次排气时间)、术后主要并发症[术后急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)、术后肺部并发症(postoperative pulmonary complications, PPCs)、术后恶心呕吐、切口愈合延迟]的发生情况以及术后住院时间。术后第 1、3、7 天采用肺部感染评分评估患者 PPCs 的发生情况。PPCs 指患者出现术后拔管困难、机械通气时间延长、术后气胸、肺炎、肺不张、呼吸衰竭以及需要的再插管等^[5-7]。AKI 指肾功能在术后 48 h 内降低,定义为血清肌酐浓度绝对增加 $>0.3 \text{ mg/dl}$ 或增加 $\geq 50\%$ 或尿量减少(记录在案的少尿量 $<0.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,持续 6 h)^[8]。

统计分析 预试验结果显示,术后肠道排气时间为 $(39.0 \pm 12.5) \text{ h}$,预计 NG 组肠道排气时间能缩短 10%,按照 $\alpha=0.05, 1-\beta=0.8$,每组样本量为 30 例,预计有约 20% 的患者失访,最终患者约为每组 36 例。

采用 SPSS 16.0 统计学软件进行数据分析。正态分布计量资料以均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,组间比较采用成组 t 检验;计数资料以例 (%) 表示,组间比较采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

本研究剔除 4 例,其中 LG 组 1 例发生大出血(出血量约 2 000 ml),LG 组 2 例、NG 组 1 例不愿意配合术后随访,自行退出研究,最终取得完整数据的患者 70 例。两组患者性别、年龄、身高、体重、ASA 分级、Child-Pugh 分级、心功能 NYHA 分级、B 超肝肿瘤最大截面直径、手术时间和麻醉时间差异无统计学意义(表 1)。

术中不同时点两组 MAP、HR、CVP、SVV、CI 差异无统计学意义(表 2)。

表 1 两组患者一般情况的比较

指标	LG 组 ($n=33$)	NG 组 ($n=37$)
男/女(例)	20/13	23/14
年龄(岁)	57.8 ± 10.9	57.1 ± 12.1
身高(cm)	166.3 ± 7.6	166.9 ± 6.9
体重(kg)	60.9 ± 7.6	61.9 ± 8.3
ASA II/III 级(例)	31/2	33/4
Child-Pugh A/B 级(例)	3/30	5/32
心功能 NYHA I/II 级(例)	8/25	10/27
B 超肝肿瘤最大截面直径(cm)	7.1 ± 2.2	7.7 ± 2.7
手术时间(min)	155.2 ± 40.6	152.5 ± 36.8
麻醉时间(min)	192.2 ± 56.5	184.5 ± 42.0

NG 组术中输血量明显少于 LG 组 ($P < 0.05$)。两组术中失血量、肝脏切除期间失血量和术中尿量差异无统计学意义(表 3)。

NG 组去氧肾上腺素及硝酸甘油使用率明显低于 LG 组 ($P < 0.05$)。两组尼卡地平使用率差异无统计学意义(表 4)。

NG 组术后首次排气时间明显短于 LG 组 ($P < 0.05$)。两组自主呼吸恢复时间、拔管时间、PACU 滞留时间、术后 AKI、PPCs、恶心呕吐、切口愈合延迟发生率和术后住院时间差异无统计学意义(表 5)。

讨 论

肝切除术在我国大多数医院广泛开展,肝切除术患者围术期过多出血及输液会显著增加死亡率并影响远期预后^[9]。PPCs 在外科手术中的发生率约为 1%~23%,因上腹部切口及肝脏动员可能导致膈肌活动障碍,肝部分切除术患者易发生 PPCs^[10]。肝脏切除是 AKI 的危险因素,肝切除术 AKI 发生率为 10%~15%,扩大肝切除 AKI 发生率为 21%^[11]。PPCs、AKI 的发生与术中血流动力学管理、液体输注相关。GDHT 是通过测定某些人为设定的循环生理学指标,去指导围术期输液及药物治疗,GDHT 初衷是在于改善组织氧供和提高微循环灌注。GDHT 除了使用血管活性药物和正性肌力药物去干预循环外,主要通过“液体反应性”去指导液体治疗。液体反应性是通过给予机体一定量的液体后,观察心输出量等指标的变化,若心输出量增加,补液继续,

表 2 两组患者术中不同时点 MAP、HR、CVP、SVV 和 CI 的比较($\bar{x}\pm s$)

指标	组别	例数	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
MAP(mmHg)	LG 组	33	79.3±8.1	72.0±6.0	76.4±7.5	66.8±4.8	76.4±7.8	79.2±8.1
	NG 组	37	81.4±7.0	74.0±4.7	78.1±6.6	67.8±3.7	78.1±6.4	80.8±6.7
HR(次/分)	LG 组	33	86.3±7.8	66.3±6.9	63.3±6.3	82.8±8.1	80.9±8.2	65.9±6.4
	NG 组	37	84.7±8.3	62.1±6.2	65.2±6.0	82.2±7.1	78.4±7.1	63.8±6.5
CVP(cmH ₂ O)	LG 组	33	5.1±2.7	5.7±1.7	5.7±1.5	2.6±1.5	4.0±2.3	5.9±1.4
	NG 组	37	6.0±1.8	6.2±1.4	6.2±1.1	3.1±1.5	4.5±2.4	6.0±1.4
SVV(%)	LG 组	33	-	10.0±0.2	7.2±2.0	8.2±3.3	8.1±2.5	7.2±1.3
	NG 组	37	-	9.8±0.5	7.6±2.2	8.0±3.2	7.9±2.4	7.4±2.2
CI(L·min ⁻¹ ·m ⁻²)	LG 组	33	3.1±0.8	2.5±0.4	3.7±0.3	2.6±0.5	2.6±0.2	4.2±0.4
	NG 组	37	3.0±0.8	2.6±0.4	3.8±0.3	2.6±0.5	2.7±0.2	4.3±0.4

表 3 两组患者术中失血量、肝脏切除期间失血量、术中输液量和尿量的比较(ml, $\bar{x}\pm s$)

组别	例数	术中失血量	肝脏切除期间失血量	术中输液量	术中尿量
LG 组	33	450.3±225.4	352.2±115.2	1850.2±302.4	556.1±185.4
NG 组	37	455.2±185.2	320.4±120.2	1586.6±317.6 ^a	485.6±137.0

注:与 LG 组比较, ^aP<0.05

表 4 两组患者术中血管活性药物使用情况的比较[例(%)]

组别	例数	尼卡地平	去氧肾上腺素	硝酸甘油
LG 组	33	1(3)	18(55)	4(12)
NG 组	37	0(0)	0(0) ^a	0(0) ^a

注:与 LG 组比较, ^aP<0.05

反之则停止。持续 α₁ 肾上腺素能受体激动药泵注能提高肝切除术患者的液体反应^[12]。α₁ 肾上腺素能受体激动药与 GDHT 联合应用可减少重要脏器对液体的依赖^[13-15]。但去甲肾上腺素的缩血管作用是否会影响微循环,从而影响患者的肾功能和肠道功能,目前尚无定论。本研究接受去甲肾上腺素联合 GDHT 与接受 LCVP 管理联合 GDHT 的患者,术后 AKI、PPCs 发生率差异无统计学意义。LCVP 管理联合 GDHT 的患者和去甲肾上腺素联合 GDHT 的患者 PPCs 发生率分别为 15% 和 19%, 与之前的文献报道^[10]一致。LCVP 管理联合 GDHT 的患者 AKI 发生率为 6%, 去甲肾上腺素联合 GDHT 的患者

表 5 两组患者术后恢复情况的比较

指标	LG 组 (n=33)	NG 组 (n=37)
PACU 恢复指标		
自主呼吸恢复时间(min)	2.5±2.1	3.3±2.3
拔管时间(min)	23.2±13.1	22.1±10.6
PACU 驻留时间(min)	67.2±19.2	70.2±21.4
术后首次排气时间(h)	39.5±12.7	36.1±11.1 ^a
术后并发症[例(%)]		
AKI	2(6)	3(8)
PPCs	5(15)	7(19)
恶心呕吐	3(9)	3(8)
切口愈合延迟	1(3)	0(0)
术后住院时间(d)	9.7±2.4	9.4±2.3

注:与 LG 组比较, ^aP<0.05

AKI 发生率为 8%, 较之前的文献报道^[10]有所降低, 可能得益于术中精细的血流动力学管理和适当的液体输注。

本研究中去甲肾上腺素联合 GDHT 的患者术后肠道排气时间较 LCVP 管理联合 GDHT 的患者缩短, 提示去甲肾上腺素持续泵注未对患者术后肠道功能恢复产生影响。Hiltebrand 等^[16]研究表明, 去甲肾上腺素不会对肠道微循环血流量及组织氧浓度产生影响, 本研究结果与之一致。与 LCVP 管理联合 GDHT 的患者比较, 去甲肾上腺素联合 GDHT

的患者术中液体输注明显减少,较少的液体输注,降低了组织水肿包括肠道水肿发生的可能,对患者的肠道功能恢复有益。

LCVP 可以减少肝部分切除术中出血。本研究结果显示,与 LCVP 管理联合 GDHT 的患者比较,去甲肾上腺素联合 GDHT 的患者肝脏切除期间失血量及术中失血量并未增多,可能与去甲肾上腺素持续输注有关。门脉-内脏系统存在大量儿茶酚胺受体分布,但是儿茶酚胺受体分布存在差异。肝动脉、肝静脉和下腔静脉同时存在 α 和 β 肾上腺素能受体,而门静脉前内脏血管及肝内血管只存在 α 肾上腺素能受体。去甲肾上腺素是 α 和 β 肾上腺素能受体激动药,在收缩内脏血管的同时降低肝静脉和下腔静脉阻力,增加内脏-下腔静脉压力差,改善内脏静脉回流,也能达到 LCVP 相似的效果,减少失血量。

本研究存在不足:去甲肾上腺素联合 GDHT 持续输注能很好地维持血流动力学稳定,改善患者组织灌注^[17],研究过程中患者术前、术中不同时点及术后血乳酸浓度未能取得完整数据,未能观察到对患者的组织灌注的影响。肠道排气时间并不能完全反映患者肠道功能恢复情况,肠道绒毛微循环相关指标未能观察,有待于进一步研究。

综上所述,去甲肾上腺素联合 GDHT 可以安全应用于肝部分切除术,可有效减少术中输液量,缩短患者术后肠道排气时间。

参 考 文 献

- [1] Li Z, Sun YM, Wu FX, ET AL, Controlled low central venous pressure reduces blood loss and transfusion requirements in hepatectomy. *World J Gastroenterol*, 2014, 20(1): 303-309.
- [2] Correa-Gallego C, Berman A, Denis SC, et al. Renal function after low central venous pressure-assisted liver resection: assessment of 2116 cases. *HPB (Oxford)*, 2015, 17(3): 258-264.
- [3] Guo JR, Shen HC, Liu Y, et al. Effect of acute normovolemic hemodilution combined with controlled low central venous pressure on blood coagulation function and blood loss in patients undergoing resection of liver cancer operation. *Hepatogastroenterology*, 2015, 62(140): 992-996.
- [4] Soonawalla ZF, Stratopoulos C, Stoneham M, et al. Role of the reverse-Trendelenberg patient position in maintaining low-CVP anaesthesia during liver resections. *Langenbecks Arch Surg*, 2008, 393(2): 195-198.
- [5] Khuri SF, Henderson WG, DePalma RG, et al. Determinants of long-term survival after major surgery and the adverse effect of postoperative complications. *Ann Surg*, 2005, 242(3): 326-343.
- [6] Brueckmann B, Villa-Urbe JL, Bateman BT, et al. Development and validation of a score for prediction of postoperative respiratory complications. *Anesthesiology*, 2013, 118(6): 1276-1285.
- [7] Dimick JB, Chen SL, Taheri PA, et al. Hospital costs associated with surgical complications: a report from the private-sector National Surgical Quality Improvement Program. *J Am Coll Surg*, 2004, 199(4): 531-537.
- [8] Mehta RL, Kellum JA, Shah SV, et al. Acute kidney injury network: report of an initiative to improve outcomes in acute kidney injury. *Crit Care*, 2007, 11(2): R31.
- [9] Pan YX, Wang JC, Lu XY, et al. Intention to control low central venous pressure reduced blood loss during laparoscopic hepatectomy: a double-blind randomized clinical trial. *Surgery*, 2020, 167(6): 933-941.
- [10] Toshida K, Minagawa R, Kayashima H, et al. The effect of prone positioning as postoperative physiotherapy to prevent atelectasis after hepatectomy. *World J Surg*, 2020, 44(11): 3893-3900.
- [11] Reese T, Kröger F, Makridis G, et al. Impact of acute kidney injury after extended liver resections. *HPB (Oxford)*, 2020.
- [12] Nakamoto S, Tataru T, Okamoto T, et al. Complex effects of continuous vasopressor infusion on fluid responsiveness during liver resection: a randomised controlled trial. *Eur J Anaesthesiol*, 2019, 36(9): 667-675.
- [13] Chappell D, Jacob M. Role of the glycocalyx in fluid management: small things matter. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*, 2014, 28(3): 227-234.
- [14] Legrand M, Payen D. Case scenario: hemodynamic management of postoperative acute kidney injury. *Anesthesiology*, 2013, 118(6): 1446-1454.
- [15] Seymour CW, Rosengart MR. Septic shock: advances in diagnosis and treatment. *JAMA*, 2015, 314(7): 708-717.
- [16] Hildebrand LB, Koepfli E, Kimberger O, et al. Hypotension during fluid-restricted abdominal surgery: effects of norepinephrine treatment on regional and microcirculatory blood flow in the intestinal tract. *Anesthesiology*, 2011, 114(3): 557-564.
- [17] Gelman S, Bigatello L. The physiologic basis for goal-directed hemodynamic and fluid therapy: the pivotal role of the venous circulation. *Can J Anaesth*, 2018, 65(3): 294-308.

(收稿日期:2020-10-30)