

· 临床研究 ·

复方碳酸氢钠用于新生儿坏死性小肠结肠炎术中液体治疗的效果

李强 胡华琨 叶玲玲 刘青华 缙海娣 李明

【摘要】 目的 探讨复方碳酸氢钠用于新生儿坏死性小肠结肠炎术中液体治疗的效果。**方法** 选择2020年3月至2021年5月拟行开腹探查术的新生儿坏死性小肠结肠炎患儿60例,男37例,女23例,日龄<28 d,出生胎龄29~35周,体重1~3 kg,ASA II或III级。采用随机数字表法将患儿分为三组:复方碳酸氢钠组(B组)、复方醋酸钠组(A组)和复方乳酸钠组(L组),每组20例。患儿均采用气管插管全麻联合骶管阻滞。B组、A组和L组分别先予以复方碳酸氢钠、复方醋酸钠和复方乳酸钠 $20\sim 25\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 静脉泵注,1 h后调节为 $10\sim 15\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 静脉泵注直至术毕。记录输液开始即刻、输液开始后1 h和输液结束即刻的动脉血 pH 值、 PaO_2 、 PaCO_2 、BE 值、 HCO_3^- 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、血糖(Glu)和血乳酸(Lac)浓度。记录上述时点的 HR、MAP、 SpO_2 。记录输液开始即刻至输液开始后1 h和输液开始后1 h至输液结束即刻两个时段的输液量、尿量和出血量。记录术中葡萄糖、多巴胺使用量和输血量,记录术中低血压、少尿和代谢性碱中毒发生情况。**结果** 输液开始后1 h和输液结束即刻 A 组和 L 组动脉血 pH 值、BE 值、 HCO_3^- 浓度均明显低于 B 组($P<0.05$)。输液开始后1 h和输液结束即刻 A 组和 B 组动脉血 Lac 明显低于 L 组($P<0.05$)。B 组有1例(5%)使用葡萄糖, A 组和 L 组均无一例使用葡萄糖。A 组和 L 组分别有2例(10%)和1例(5%)输血, B 组无一例输血。三组术中低血压发生率差异无统计学意义,三组无一例发生少尿和代谢性碱中毒。**结论** 与复方乳酸钠和复方醋酸钠比较,复方碳酸氢钠可更加快速有效地纠正新生儿坏死性小肠结肠炎手术患儿的代谢性酸中毒,维持酸碱平衡,可安全用于术前已存在代谢性酸中毒的新生儿坏死性小肠结肠炎患儿的术中液体治疗,且有一定优势。

【关键词】 复方碳酸氢钠;新生儿坏死性小肠结肠炎;患儿;代谢性酸中毒;液体治疗

Effect of compound bicarbonated on intraoperative fluid therapy in neonatal necrotizing enterocolitis

LI Qiang, HU Huakun, YE Lingling, LIU Qinghua, GOU Haidi, LI Ming. Department of Anesthesiology, Jiangxi Provincial Children's Hospital, Nanchang 330006, China

Corresponding author: YE Lingling, Email: 453043316@qq.com

【Abstract】 Objective To study the effect of compound bicarbonated on intraoperative fluid therapy in neonatal necrotizing enterocolitis. **Methods** Sixty children with neonatal necrotizing enterocolitis from March 2020 to May 2021 undergoing laparotomy, 37 males and 23 females, aged less than 28 days, gestational age 29~35 weeks, weighing 1~3 kg, ASA physical status II or III, were randomly divided into three groups using random number table method: compound bicarbonated group (group B), compound acetate group (group A) and compound lactate (group L), 20 children in each group. All children were given general anesthesia with tracheal intubation and sacral block. Group B was given $20\sim 25\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ compound bicarbonated intravenously, and adjusted to $10\sim 15\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ after 1 hour until the operation was completed. Group A and group L received compound acetate and compound lactate according to the same usage and dosage as group B. Puncture and catheterize any of the bilateral radial arteries, brachial arteries and femoral arteries. The arterial blood pH value, PaO_2 , PaCO_2 , BE value, concentration of HCO_3^- , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , and arterial blood glucose (Glu) and arterial blood lactic acid (Lac) were recorded at the beginning of infusion, 1 hour after infusion and the end of infusion. HR, MAP, and SpO_2 were recorded from the beginning of infusion, 1 hour after infusion and the end of infusion. The volume of infusion, urine output and bleeding were observed and recorded from the beginning of infusion to 1 hour after infusion, and from 1 hour after infusion to the end of infusion. Observe and record the use of glucose and dopamine and blood transfu-

DOI:10.12089/jca.2022.02.014

基金项目:江西省卫生健康委科技计划(202130912)

作者单位:330006 江西省儿童医院 南昌大学附属儿童医院麻醉科(李强、胡华琨、缙海娣、李明);南昌大学第一附属医院麻醉科(叶玲玲);江西省都昌县妇幼保健院麻醉科(刘青华)

通信作者:叶玲玲, Email: 453043316@qq.com

sion in the three groups of children during the operation. The occurrence of intraoperative hypotension, oliguria and metabolic alkalosis were observed. **Results** Compared with group B, the arterial blood pH value, BE value, concentration of HCO_3^- in groups A and L were significantly decreased from 1 hour after infusion to the end of infusion ($P < 0.05$). Compared with group L, the arterial blood Lac in groups A and B were significantly decreased from 1 hour after infusion to the end of infusion ($P < 0.05$). There was 1 children in group B using glucose, and no children using glucose in groups A and L. There were 2 blood transfusions in group A and 1 blood transfusion in group L, and no blood transfusion in group B. There were no significantly differences in the incidence of intraoperative hypotension among the three groups. There was no children of oliguria and metabolic alkalosis in the three groups. **Conclusion** Compared with compound lactate and compound acetate, compound bicarbonated can more quickly and effectively correct metabolic acidosis and maintain acid-base balance in patients with neonatal necrotizing enterocolitis undergoing laparotomy. It can be safely used for intraoperative fluid therapy of neonatal necrotizing enterocolitis in children with metabolic acidosis before surgery, and has certain advantages.

【Key words】 Compound bicarbonated; Neonatal necrotizing enterocolitis; Children; Metabolic acidosis; Fluid therapy

新生儿坏死性小肠结肠炎(neonatal necrotizing enterocolitis, NEC)术前常存在代谢性酸中毒,甚至感染性休克,以平衡晶体液为主的液体治疗是重要纠正措施。目前应用较广的复方乳酸钠和复方醋酸钠的碱化成分(乳酸钠和醋酸钠)均需经肝脏等器官转化为碳酸氢盐,从而纠正代谢性酸中毒^[1]。而复方碳酸氢钠含有的生理性缓冲体系 HCO_3^- ,可直接发挥碱化作用,避免增加肝脏等器官的代谢负担,其在国外临床应用效果满意^[2-4],但在国内因上市较晚,相关报道甚少,且主要集中在动物和成人创伤失血性休克的液体复苏方面^[5-7]。本研究拟通过评价其用于 NEC 患儿术中液体治疗的有效性和安全性,而为临床选择合适的液体类型提供参考。

资料与方法

一般资料 本研究经医院伦理委员会批准(JX-SETYY-YXKY-2020003),患儿监护人签署知情同意书。选择 2020 年 3 月至 2021 年 5 月在我院拟行开腹探查术的 NEC 患儿,性别不限,日龄 <28 d,出生胎龄 29~35 周,体重 1~3 kg,ASA II 或 III 级。排除标准:术前存在严重先天性心脏病,呼吸衰竭,肝肾功能不全,高镁血症,甲状腺功能低下,严重代谢性酸中毒(动脉血 pH 值 <7.2)。采用随机数字表法将患儿分为三组:复方碳酸氢钠组(B 组)、复方醋酸钠组(A 组)和复方乳酸钠组(L 组)。

麻醉方法 所有患儿术前已禁食禁饮,均采用气管插管全麻联合骶管阻滞。入室后所有患儿常规监测 ECG、MAP、 SpO_2 及体温,开放静脉通道,静脉注射阿托品 0.1 mg,采用潮气量法行吸入麻醉诱导(2%~3%七氟醚,3 L/min 新鲜气流量)。诱导完成后气管插管,接麻醉机行机械控制通气,继续吸

入 1%~2%七氟醚维持麻醉,调整呼吸参数维持 $P_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 35~45 mmHg。再以利多卡因 6~8 mg/kg 复合罗哌卡因 1~2 mg/kg,加生理盐水稀释至 1~2 ml/kg,予以单次骶管穿刺给药,进行骶管阻滞。手术开始后可按需给予罗库溴铵加强肌松,但术前明显腹胀者,腹膜切开前不予任何肌松药物,避免因腹压过大导致通气障碍。插入并留置导尿管,接一次性使用精密计量引流袋监测尿量。对双侧桡动脉、肱动脉和股动脉中的任意一支穿刺置管,所有穿刺均由经验丰富的麻醉科医师操作,成功后监测有创血压并行动脉血气分析,同时 B 组先予以复方碳酸氢钠(批号:201204EG, HCO_3^- 浓度:28 mmol/L) 20~25 ml $\cdot$ kg⁻¹ $\cdot$ h⁻¹ 静脉泵注,1 h 后调节为 10~15 ml $\cdot$ kg⁻¹ $\cdot$ h⁻¹ 静脉泵注直至术毕。A 组和 L 组分别按同上用法用量予以复方醋酸钠和复方乳酸钠^[8-9]。矫正胎龄 ≤ 30 周的患儿,维持 MAP ≥ 30 mmHg 为目标值;矫正胎龄 >30 周的患儿,维持 MAP $\geq$ 矫正胎龄周数(mmHg)为目标值^[10]。Hct $\geq 30\%$ 的患儿,MAP 低于相应目标值时,予以多巴胺 5~10 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 泵注;Hct $<30\%$ 的患儿,MAP 低于相应目标值时,行输血治疗,同时予以多巴胺 5~10 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 泵注。极少数患儿在输血输液及纠正酸中毒后仍对血管活性药物反应差,可静注氢化可的松 1 mg/kg。当血糖(glucose, Glu)低于 2.2 mmol/L 时,先予以 10%葡萄糖注射液 2 ml/kg 缓慢推注(1 ml/min),后持续以 3~5 ml $\cdot$ kg⁻¹ $\cdot$ h⁻¹ 的速度静脉滴注,同时严密监测 Glu 变化,一旦 Glu 高于 7.0 mmol/L(>12.5 mg/L),立即停止输注葡萄糖注射液。

观察指标 于输液开始即刻、输液开始后 1 h 和输液结束即刻,经穿刺置管成功的动脉采血行动

脉血气分析,记录动脉血 pH 值、 PaO_2 、 PaCO_2 、BE 值、 HCO_3^- 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、Glu 和血乳酸(lactic acid, Lac)浓度。记录上述时点的 HR、MAP、 SpO_2 。记录输液开始即刻至输液开始后 1 h 和输液开始后 1 h 至输液结束即刻两个时段的输血量、尿量和出血量,尿量监测采用一次性使用精密计量引流袋,并提前测得连接导尿管的引流袋管路部分的容量并标记刻度,以精确计量,出血量评估采用纱布称重法(术中全部采用纱布擦吸手术出血),出血量(ml)=纱布吸血前后的质量差(g)/血液的相对密度(1.05 g/ml)。记录术中葡萄糖、多巴胺使用量和输血量,记录术中低血压(MAP 低于相应目标值)、少尿(尿量 $<0.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)和代谢性碱中毒发生情况。

统计分析 采用 SPSS 17.0 软件进行数据处理。正态分布计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用单因素方差分析,不同时间比较采用重复测量的方差分析,采用 FDR 进行 P 值校正。计数资料以例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

本研究共纳入患儿 60 例,每组 20 例。患儿均动脉穿刺成功。三组患儿性别、日龄、出生胎龄、体重、ASA 分级、手术时间差异均无统计学意义(表 1)。

输液开始后 1 h 和输液结束即刻 A 组和 L 组动脉血 pH 值、BE 值、 HCO_3^- 浓度均明显低于 B 组($P < 0.05$)。输液开始后 1 h 和输液结束即刻 A 组和 B 组动脉血 Lac 浓度明显低于 L 组($P < 0.05$)。输液开始即刻、输液开始后 1 h 和输液结束即刻三组 PaCO_2 、 PaO_2 和 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、Glu 浓度差异均无统计学意义(表 2)。

输液开始即刻、输液开始后 1 h 和输液结束即刻三组的 HR、MAP 和 SpO_2 差异均无统计学意义(表 3)。

输液开始即刻至输液开始后 1 h 和输液开始后

1 h 至输液结束即刻三组输血量、尿量和出血量差异均无统计学意义(表 4)。

B 组有 1 例(5%)输注 10%葡萄糖注射液 9 ml, A 组和 L 组均无一例输注葡萄糖注射液。A 组和 L 组分别有 2 例(10%)和 1 例(5%)输注红细胞悬液 0.25 U, B 组无一例输血。

B 组 5 例(25%)、A 组 4 例(20%)、L 组 5 例(25%)发生低血压,均予以多巴胺 $5 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 泵注后回升至相应目标血压,三组低血压发生率差异无统计学意义。三组无一例发生少尿、代谢性碱中毒等不良反应。

讨 论

NEC 是由于患儿肠道屏障功能发育不完善或肠壁屏障破坏引起的肠血管损伤及相关缺血性坏死,且 90% 的患儿为早产儿,其重要脏器发育尚不成熟,耐受能力较差,术中液体需求量可高达 $50 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ [11]。复方碳酸氢钠是最新一代平衡液,除了离子成分全面、pH 值和渗透浓度与血浆接近等特点外,含有生理性的 HCO_3^- 缓冲体系是其较传统的复方乳酸钠和复方醋酸钠最突出的优势,此缓冲体系无需肝脏等器官代谢就能迅速发挥碱化效应,缓解酸中毒,符合 NEC 患儿的用药特点。另外,其不含 Lac,不干扰 Lac 的诊断。本研究将复方碳酸氢钠用于 NEC 患儿的术中液体治疗,结果显示,与复方乳酸钠和复方醋酸钠比较,术中输注复方碳酸氢钠可明显升高动脉血 pH 值、BE 值和 HCO_3^- 浓度,改善代谢性酸中毒,与以部分肝切除和失血性休克动物为研究对象的实验 [12-13] 研究结果一致。国内学者将复方碳酸氢钠用于失血性休克动物和成人的液体复苏,也得到了相似的结果 [5-7],原因可能一方面,复方乳酸钠含有的乳酸根需经肝内代谢,先氧化成丙酮酸,再在肝内通过三羧酸循环产生 HCO_3^- ;复方醋酸钠含有的醋酸根经肝脏、肾脏和肌肉组织代谢,后进入三羧酸循环转化成 HCO_3^- 。 HCO_3^- 再发挥碱化效应,尽管醋酸根较乳酸

表 1 三组患儿一般情况的比较

组别	例数	男/女 (例)	日龄 (d)	出生胎龄 (周)	体重 (kg)	ASA II/III 级 (例)	手术时间 (min)
B 组	20	13/7	6.4 $\pm$ 1.3	32.3 $\pm$ 2.0	1.8 $\pm$ 0.5	4/16	93.5 $\pm$ 11.1
A 组	20	11/9	7.0 $\pm$ 2.2	31.8 $\pm$ 1.4	1.9 $\pm$ 0.2	5/15	92.9 $\pm$ 15.4
L 组	20	12/8	5.8 $\pm$ 1.8	32.5 $\pm$ 1.6	1.9 $\pm$ 0.4	3/17	95.0 $\pm$ 14.7

表 2 三组患儿不同时点动脉血气、电解质、Glu、Lac 浓度的比较 ($\bar{x} \pm s$)

指标	组别	例数	输液开始即刻	输液开始后 1 h	输液结束即刻
pH 值	B 组	20	7.28±0.05	7.33±0.08	7.35±0.06
	A 组	20	7.29±0.03	7.30±0.05 ^a	7.30±0.04 ^a
	L 组	20	7.29±0.05	7.29±0.06 ^a	7.30±0.05 ^a
PaCO ₂ (mmHg)	B 组	20	41.4±8.6	40.7±4.3	40.1±3.8
	A 组	20	39.8±7.1	39.2±4.0	39.4±4.4
	L 组	20	40.2±7.9	39.5±3.6	39.7±4.1
PaO ₂ (mmHg)	B 组	20	87.2±3.5	85.3±5.2	86.9±4.6
	A 组	20	86.0±6.2	89.0±4.8	87.5±5.7
	L 组	20	84.8±3.9	85.1±3.3	87.9±5.5
BE 值	B 组	20	-8.3±0.5	-3.5±0.4	-3.0±0.5
	A 组	20	-8.1±0.6	-7.7±0.5 ^a	-7.4±0.9 ^a
	L 组	20	-8.0±0.8	-7.8±0.6 ^a	-7.6±0.7 ^a
HCO ₃ ⁻ (mmol/L)	B 组	20	18.7±1.2	22.1±0.7	23.6±1.0
	A 组	20	18.5±1.4	19.8±0.8 ^a	19.5±1.7 ^a
	L 组	20	19.1±0.9	19.3±1.2 ^a	19.0±1.4 ^a
Na ⁺ (mmol/L)	B 组	20	142.6±2.4	141.2±1.8	142.7±1.4
	A 组	20	141.0±1.1	139.5±2.0	138.9±1.5
	L 组	20	139.4±3.3	141.6±1.7	138.2±2.2
K ⁺ (mmol/L)	B 组	20	4.1±0.4	4.2±0.2	4.2±0.5
	A 组	20	4.0±0.2	4.1±1.0	4.1±0.6
	L 组	20	4.1±0.5	4.2±0.3	4.1±0.3
Ca ²⁺ (mmol/L)	B 组	20	1.2±0.2	1.2±0.1	1.2±0.1
	A 组	20	1.2±0.1	1.2±0.1	1.2±0.2
	L 组	20	1.2±0.1	1.2±0.1	1.2±0.1
Glu (mmol/L)	B 组	20	4.4±0.4	5.5±0.6	5.4±0.7
	A 组	20	4.5±0.6	5.6±0.5	5.4±0.3
	L 组	20	4.6±0.3	5.6±0.5	5.5±0.6
Lac (mmol/L)	B 组	20	1.6±0.4	1.5±0.6 ^b	1.5±0.7 ^b
	A 组	20	1.5±0.6	1.4±0.4 ^b	1.5±0.5 ^b
	L 组	20	1.5±0.3	1.7±0.5	1.7±0.6

注:与 B 组比较,^aP<0.05;与 L 组比较,^bP<0.05表 3 三组患儿不同时点 HR、MAP、SpO₂ 的比较 ($\bar{x} \pm s$)

指标	组别	例数	输液开始即刻	输液开始后 1 h	输液结束即刻
HR (次/分)	B 组	20	172.5±16.0	174.1±14.1	174.6±14.6
	A 组	20	170.0±14.7	171.3±13.5	169.5±13.3
	L 组	20	168.3±15.5	170.2±11.9	169.9±15.2
MAP (mmHg)	B 组	20	39.5±5.3	34.4±3.9	34.5±4.4
	A 组	20	38.6±4.5	33.9±3.3	33.7±3.6
	L 组	20	39.2±6.0	34.6±4.8	34.8±6.2
SpO ₂ (%)	B 组	20	96.1±0.8	95.8±0.3	95.9±0.5
	A 组	20	95.9±0.6	96.2±0.4	96.1±0.2
	L 组	20	95.5±0.5	95.8±0.6	96.1±0.4

表 4 三组患儿不同时段输血量、尿量和出血量的比较 ($\bar{x} \pm s$)

指标	组别	例数	输液开始即刻至 输液开始后 1 h	输液开始后 1 h 至 输液结束即刻
输血量	B 组	20	42.6±2.5	11.4±3.3
	A 组	20	44.0±4.5	13.1±5.6
	L 组	20	43.8±3.9	12.0±3.1
尿量	B 组	20	5.7±1.4	2.7±0.8
	A 组	20	6.4±2.1	3.6±1.0
	L 组	20	6.1±2.6	3.3±1.3
出血量	B 组	20	3.3±0.3	1.3±0.2
	A 组	20	3.2±0.4	1.6±0.5
	L 组	20	3.5±0.6	1.4±0.4

根经更多器官代谢,但两者的这一系列代谢过程仍需要时间,而本研究只观察至手术结束,两者还未及完全发挥出碱化效应。另一方面,乳酸根和醋酸根转化代谢成 HCO₃⁻,不同程度地依赖于肝功能,而本研究对象均为患 NEC 的早产儿,早产儿肝功能发育不成熟,代谢能力不足,不同程度地限制了乳酸根和醋酸根的代谢。除此之外,早产儿肌肉组织少,尤其在低温、休克等状态下容易出现局部血流

灌注不足,加上早产儿肾功能发育亦未达成熟水平,都可导致醋酸根不能及时转化成 HCO_3^- 。碳酸氢盐缓冲体系是人体血浆最重要的缓冲体系,为机体维持酸碱平衡所必需,而复方碳酸氢钠中含有此生理性缓冲体系, HCO_3^- 浓度为 28 mmol/L, 近似正常血浆 HCO_3^- 浓度(22~27 mmol/L), 静脉输注后直接以无机反应方式参与调节酸碱平衡,迅速发挥纠正代谢性酸中毒的作用,提示复方碳酸氢钠用于术前已存在代谢性酸中毒的患儿有一定优势。复方碳酸氢钠中的 HCO_3^- 迅速中和体内 H^+ 的同时并未出现 PaCO_2 升高,这可能因为 CO_2 弥散速度快,可经呼气快速排出体外,而术中会根据 $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 调整呼吸参数,适时增加通气量,以利于 CO_2 排出。复方碳酸氢钠与复方乳酸钠和复方醋酸钠同属平衡晶体液,其所含电解质成分 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 亦与人体血浆中的浓度接近,且不含葡萄糖,不会额外升高 Glu,故与输注复方醋酸钠和复方乳酸钠比较,输注后血电解质 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 浓度无明显变化,而三种液体均出现输注后 Glu 升高,应为手术创伤引起的应激性 Glu 升高。

按本研究的输血输液和术中血压管理方案,与复方乳酸钠和复方醋酸钠比较,输注复方碳酸氢钠患儿术中 HR 和 MAP 无明显波动,对术中低血压发生率和出血量无明显影响,且尿量满意,无少尿和代谢性碱中毒发生,提示复方碳酸氢钠可作为细胞外液补充液安全用于 NEC 手术患儿的液体治疗。

综上所述,与复方乳酸钠和复方醋酸钠比较,复方碳酸氢钠可更加快速有效地纠正新生儿坏死性小肠结肠炎手术患儿的代谢性酸中毒,维持酸碱平衡,可安全用于术前已存在代谢性酸中毒的新生儿坏死性小肠结肠炎患儿的术中液体治疗。

参 考 文 献

- [1] Pfortmueller CA, Fleischmann E. Acetate-buffered crystalloid fluids: current knowledge, a systematic review. *J Crit Care*, 2016, 35(10): 96-104.
- [2] Nakayama M, Yamauchi M, Kanaya N, et al. Utility of bicarbonated Ringer's solution as an intraoperative fluid during long-term laparotomy. *Masui*, 2007, 56(11): 1334-1338.
- [3] Asano M, Doi Y, Soen M, et al. Effects of bicarbonated Ringer's solution for infants and children undergoing open-heart surgery. *Masui*, 2009, 58(7): 897-902.
- [4] Andou S, Morimoto Y. A comparison of acetated Ringer's solution and bicarbonated Ringer's solution for fluid therapy during extended hysterectomy. *Masui*, 2010, 59(8): 971-975.
- [5] 赵德俊, 张福龙, 徐志鹏, 等. 碳酸氢钠林格液限制性复苏对创伤失血性休克内环境的影响. *蚌埠医学院学报*, 2021, 46(4): 447-450.
- [6] 李贺, 尹冉, 李申涛, 等. 碳酸氢钠林格液在创伤失血性休克液体复苏中的效果研究. *中华急诊医学杂志*, 2020, 29(5): 656-660.
- [7] Wang L, Lou J, Cao J, et al. Bicarbonate Ringer's solution for early resuscitation in hemorrhagic shock rabbits. *Ann Transl Med*, 2021, 9(6): 462.
- [8] 刘祥, 曹红彦, 乔丽, 等. 醋酸钠林格液对围手术期胆道闭锁患儿酸碱平衡和电解质的影响. *临床小儿外科杂志*, 2020, 19(6): 503-507.
- [9] 刘永哲, 潘宁玲. 新生儿坏死性小肠结肠炎术中的液体治疗. *临床误诊误治*, 2012, 25(10): 92-95.
- [10] 骆凝馨, 曹云. 早产儿低血压的诊治现状及研究进展. *中华新生儿科杂志(中英文)*, 2018, 33(5): 396-399.
- [11] Murat I, Dubois MC. Perioperative fluid therapy in pediatrics. *Paediatr Anaesth*, 2008, 18(5): 363-370.
- [12] Satoh K, Ohtawa M, Okamura E, et al. Pharmacological study of BRS, a new bicarbonated Ringer's solution, in partially hepatectomized rabbits. *Eur J Anaesthesiol*, 2005, 22(8): 624-629.
- [13] Satoh K, Ohtawa M, Katoh M, et al. Pharmacological study of BRS, a new bicarbonated Ringer's solution, in hemorrhagic shock dogs. *Eur J Anaesthesiol*, 2005, 22(9): 703-711.

(收稿日期:2021-06-06)