

临床研究

DOI: 10.13406/j.cnki.cyxh.002563

新生儿坏死性小肠结肠炎患儿术中补液量 对术后转归的影响

谢 欣, 郭春宝, 邓 春

(重庆医科大学附属儿童医院新生儿诊治中心、儿童发育疾病研究教育部重点实验室、
国家儿童健康与疾病临床医学研究中心、儿童发育重大疾病国家国际科技合作基地、
儿科学重庆市重点实验室, 重庆 400014)

【摘要】目的:评估新生儿坏死性小肠结肠炎(neonatal necrotizing enterocolitis, NEC)手术患者术中晶体输注量与术后转归的关系。**方法:**回顾性分析 2012 年 1 月至 2018 年 9 月在重庆医科大学附属儿童医院确诊 NEC 并接受手术的 172 例患儿的临床资料,以校正术中输入晶体量后中位数为标准,将患儿分为低晶体组[$<25.89 \text{ mL}/(\text{kg}\cdot\text{h})$]与高晶体组[$>25.89 \text{ mL}/(\text{kg}\cdot\text{h})$],监测术后开奶时间、首次排便时间、是否发生并发症、重症监护治疗时间及术后住院时间、死亡、术后 90 d 内不能完全肠内营养等术后指标,进行比较分析。**结果:**单因素分析结果显示,2 组患儿术后并发症发生率差异有统计学意义($P<0.05$)。将术后单因素分析 $P<0.05$ 的变量纳入 logistic 向后逐步回归分析得到,输液量($OR=0.955, 95\%CI=0.914\sim0.997, P=0.036$)是术后并发症发生的保护因素。**结论:**增加术中输液量可降低术后并发症发生率。

【关键词】晶体输液量;术后住院时间;腹部手术;术中失血量

【中图分类号】R726.1

【文献标志码】A

【收稿日期】2019-11-10

Influence of intraoperative fluid replacement on postoperative outcomes in pediatric patients with neonatal necrotizing enterocolitis

Xie Xin, Guo Chunbao, Deng Chun

(Department of Neonatal Diagnosis and Treatment Center, Children's Hospital of Chongqing Medical University;
Ministry of Education Key Laboratory of Child Development and Disorders; National Clinical Research Center for
Child Health and Disorders; China International Science and Technology Cooperation base of Child Development
and Critical Disorders; Chongqing Key Laboratory of Pediatrics)

【Abstract】Objective: To evaluate the relationship between intraoperative crystalloid administration and postoperative outcomes in pediatric patients with neonatal necrotizing enterocolitis (NEC). **Methods:** A total of 172 NEC patients undergoing surgery from January 2012 to September 2018 in our hospital were retrospectively analyzed and were divided into the low crystalloid group [$<25.89 \text{ mL}/(\text{kg}\cdot\text{h})$] and the high crystalloid group [$>25.89 \text{ mL}/(\text{kg}\cdot\text{h})$] by taking median after correcting input crystalloid amount as standard. First time to enteral feeds, first defecation, the incidence of complications, the postoperative length of NICU or ICU stay, postoperative death and incomplete enteral nutrition within 90 days after surgery were monitored and compared. **Results:** The univariate analysis showed that the incidence of postoperative complications was significantly different in two groups ($P<0.05$). Variables with $P<0.05$ in univariate analysis were included in stepwise backward logistic regression analysis and it was identified that crystalloid administration was an independent protective factor of postoperative complications ($OR=0.955, 95\%CI=0.914\sim0.997, P=0.036$). **Conclusion:** The intraoperative crystalloid administration can reduce the risk of postoperative complications.

【Key words】 crystalloid administration; postoperative length of hospital stay; abdominal surgery; estimated blood loss

作者介绍: 谢 欣, Email: 1014262373@qq.com,

研究方向: 新生儿坏死性小肠结肠炎的研究和治疗。

通信作者: 邓 春, Email: dengcgcbao@163.com。

优先出版: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20200618.1605.036.html>

(2020-06-19)

新生儿坏死性小肠结肠炎(neonatal necrotizing enterocolitis, NEC)是新生儿中最常见、最具破坏性的急腹症,常见于早产儿^[1-2],是新生儿死亡的主要原因之一。病情严重的患儿需要接受手术治疗^[3],有报道至少约 30% 的 NEC 患儿需要手术^[4]。术中输液是术后恢复的关键部分,手术中适量输液可纠正术前禁食和其他输液不足、麻醉和呼吸机引起的不显性失水、术中出血及第 3 间隙流失量等^[5],并可增强组织氧的输送并维持尿量^[6-7],可能会影响术后并发症的发生及患者最终生存率^[8]。新生儿由于生理和代谢特点特殊,术中输液应该慎重。国外有研究报道 34 例新生儿胸腹部手术术中输液量为 8~24 mL/(kg·h),如果术中出现低血压,可在原基础上增加 20%^[9]。国内有文献报道,在新生儿腹部大手术中,术中输液量为 21~27 mL/(kg·h),血容量不足时也需要增加输血量^[10]。有文献报道,早产儿 NEC 术中仅第 3 间隙损失量可达 50 mL/(kg·h)^[11]。这意味着 NEC 术中补液量可能会有所增多。早前有文献报道,新生儿消化道穿孔手术术中输血量达 42.5 mL/(kg·h)时可降低死亡率^[12]。目前国内外关于 NEC 术中输血量影响其术后转归的报道较少。本研究旨在观察术中晶体输入量对 NEC 术后转归的影响,为临床输液提供线索和参考。

1 资料与方法

1.1 研究对象

回顾性分析 2012 年 1 月至 2018 年 9 月在重庆医科大学附属儿童医院确诊 NEC 并接受手术的 172 例患儿。排除标准:试管婴儿;急性肺部感染;消化道畸形(肠闭锁、无肛、先天性巨结肠及其同源病);术前肾功能异常;术前严重心功能不全;临床资料缺失。

1.2 资料

电子病历资料包括术前、术中、术后转归资料,如人口统计学数据、术前输血、血管活性药、呼吸支持治疗、美国麻醉医师学会(American Society of Anesthesiologists, ASA)评分、手术时间、术中估计失血量(estimated blood loss, EBL)、术中血红蛋白水平、术中晶体输入量、术中输血、术前及术中实验室数据、术后住院时间、术后并发症、90 d 内能否肠内营养及死亡率等。

1.3 数据校正

为减少手术时体质量和手术时间的混杂影响,校正术中

输入晶体量为每手术小时每千克毫升液体,其中校正后术中输入晶体量中位数为 25.89 mL/(kg·h),以校正后晶体输入量中位数为截点,将患儿分为低晶体组[<25.89 mL/(kg·h)]对高晶体组[≥25.89 mL/(kg·h)]。为校正患者生理与手术潜在程序的相关影响,用液体平衡表示实际的复苏量(体积输入)减去预期的液体需求量(体积输出,维护需求和不显性损失)的结果^[13]:

$$\begin{aligned} \text{液体平衡} = & \text{晶体量} + 1.5 \times (\text{胶体量} + \text{输血量}) - \text{尿量} + 3 \times \text{术中估计失血量} - \text{手术时间}(\text{h}) \times [\text{手术时体质量}(\text{kg}) + 40] \\ & \text{体积输入量} \quad \text{体积输出量} \end{aligned}$$

维持量(生理需求+不显性损失)

1.4 统计学处理

使用 SPSS 22.0 软件对结果数据进行比较。计数资料以率表示,并使用卡方检验进行分析。非正态分布的计量资料以中位数 M 和四分位间距(Q_1, Q_3)表示,并分别通过 u 检验及秩和检验进行测量(非参数检验),以得出结果。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 172 例患儿临床资料

172 例患儿中,96 例为男性患儿(55.8%),出生体质量 2.6(2.0, 3.2) kg,孕周 36.36(34.28, 38.71)周,40 例局灶受累(23.3%),113 例多灶受累(65.7%),19 例全肠受累(11.0%),89 例术中低血压(51.7%),术后呼吸机支持时间为 0.53(0.21, 1.45) d,重症监护时间为 1.73(0.79, 3.68) d,首次排便时间为 1(1, 2) d,开奶时间为 7(5, 9) d,术后住院时间为 15(11, 20.75) d,156 例至少出现 1 例并发症(90.7%),151 例成功开奶(87.8%),吐奶 16 例(9.3%),急性肾损伤 73 例(42.4%),死亡 24 例(14.0%),90 d 不能肠内营养患儿 2 例(1.2%),低蛋白血症 123 例(71.5%),败血症 3 例(1.7%),伤口渗漏 65 例(37.8%),伤口感染 59 例(34.3%),腹膜炎 1 例(0.6%),伤口吻合口瘘 4 例(2.3%),切口疝 3 例(1.7%),伤口裂开 27 例(15.7%),肺炎 2 例(1.2%),短肠综合征 2 例(1.2%),肠狭窄 23 例(13.4%),肠梗阻 11 例(6.4%)。

2.2 172 例患儿临床资料比较

2.2.1 术前、术中基本资料比较 低晶体组患儿全肠受累、术中低血压人数少于高晶体组,术中胶体输注量多于高晶体组,差异具有统计学意义($P<0.05$)(表 1)。

2.2.2 术中情况与输液量的 logistic 回归分析 将术中 $P<0.05$ 的变量(全肠受累、低血压、胶体量)纳入多因素 logistic 回归分析,结果显示全肠受累($OR=3.643, 95\%CI=1.1928\sim 11.139, P=0.023$)、低血压($OR=2.621, 95\%CI=1.360\sim 5.052, P=0.004$)是术中补液量增多的独立危险因素,而胶体输入量($OR=0.985, 95\%CI=0.975\sim 0.996, P=0.006$)是保护因素(表 2)。

表 1 2 组患儿术前、术中临床资料比较 [$M(Q_1, Q_3), n$]

	低晶体组	高晶体组	Z χ^2 值	P 值
出生体质量/kg	2.76 (2.14, 3.29)	2.41 (1.97, 2.93)	-1.933	0.053
孕周/周	36.71 (34.50, 39.00)	35.86 (33.68, 38.11)	-1.896	0.058
性别(男/女)	49/37	47/39	0.094	0.759
全肠受累	5	14	4.793	0.029
术中低血压	37	52	5.239	0.022
术中胶体量/mL	50.00 (50.00, 62.50)	50.00 (13.75, 50.00)	-2.600	0.009
术中血管活性药物	0	1	1.006 ^a	1.000
术中代酸	41	37	0.375	0.540
术中低钾血症	35	46	2.823	0.093
术中低钠血症	4	9	2.080 ^a	0.248

注: a 为校正 χ^2 值

表 2 术中情况与输液量的 logistic 回归分析

变量	β	Wald	P	OR(95%CI)
全肠受累	1.29	5.14	0.023	3.643(1.192~11.139)
低血压	0.96	8.28	0.004	2.621(1.360~5.052)
胶体输入量	-0.02	7.44	0.006	0.985(0.975~0.996)

注: 自变量, 胶体输入量为具体数值, 低血压(发生=1, 未发生=0), 全肠受累(是=1, 否=0); 因变量: 低晶体组=1, 高晶体组=2

2.2.3 术中情况与术后转归的关系 将术中 $P<0.05$ 的变量(全肠受累、低血压、胶体量)、术中输血量、术后各转归指标分别纳入多因素 logistic 回归分析, 结果如下:

全肠受累是术后不能开奶 ($OR=0.084, 95\%CI=0.027\sim 0.261, P=0.000$) 和死亡 ($OR=9.035, 95\%CI=3.043\sim 26.828, P=0.000$) 的独立危险因素(表 3)。术中胶体量是术后低蛋白血症 ($OR=0.989, 95\%CI=0.978\sim 0.999, P=0.040$) 的保护因素。术中发生低血压是术后发生并发症 ($OR=7.138, 95\%CI=1.820\sim 27.994, P=0.005$) 的独立危险因素。

表 3 全肠受累与术后转归的 logistic 回归分析

因素	β	Wald	P	OR(95%CI)
开奶	-2.473	18.432	0.000	0.084(0.027~0.261)
死亡	2.201	15.715	0.000	9.035(3.043~26.828)

注: 自变量, 全肠受累(是=1, 否=0); 因变量: 死亡(是=1, 否=0), 开奶(是=1, 否=0)

2.3 128 例患儿临床资料比较

2 组患儿中, 控制混杂因素(全肠受累、术中低血压、术中胶体量)后, 共匹配 128 例患儿, 每组 64 例, 分析术中输血量对术后转归结果的影响。

2.3.1 128 例患儿术后资料对比 低晶体组患儿术后发生并发症人数多于高晶体组, 液体平衡小于高晶体组, 差异具有统计学意义 ($P<0.05$) (表 4)。

2.3.2 输血量与发生并发症的 logistic 回归分析 将术中输血量及术后发生并发症纳入 logistic 回归分析, 结果显示输血量 ($OR=0.955, 95\%CI=0.914\sim 0.997, P=0.036$) 是术后发生并发症的保护因素。

3 讨论

新生儿坏死性小肠结肠炎术后死亡率较高, 相关研究报道 NEC 术后死亡率为 17%~57%^[14-17]。本研究分析得出术后死亡率约为 14%, 与上述结果接近。国内外均有研究证实全肠受累的患儿术后死亡率明显增高^[18-19]。本研究结果显示, 合并全肠受累患儿死亡人数占总死亡人数的 52.6%, 且全肠受累患儿死亡风险较非全肠增加 9.035 倍, 与刘明坤等^[20]报道的泛肠受累手术患儿死亡风险增加 9.562 倍类似, 考虑与肠道病变广泛、病情严重有关^[21]。

NEC 是由于患儿肠道屏障功能发育不完善或肠壁屏障破坏(缺血缺氧、感染、喂养不当等)引起的肠血管损害及相关缺血性坏死^[22], 全肠道病变表现得尤为严重。本研究发现, 全肠道受累患儿术后不能开始肠内喂养的风险增加 11.9 倍 (1/0.084), 考虑全肠道屏障和肠壁屏障破坏, 导致肠道功能发生严重损害, 甚至不可逆。

术中、术后的患儿由于处于应激状态, 血管内皮功能受损, 胶体成分渗漏到组织间隙, 术中可通过输入胶体来提高氧张力及改善微循环灌注^[23]。有研究通过 Meta 分析发现术中输入胶体可改善外科手术患者胃肠功能^[24], 而本研究发现术中输入胶体可降低术后低蛋白血症风险, 考虑可能是术中输入胶体在一定程度上弥补了围术期损失的胶体成分, 从而减轻了组织水肿, 改善组织恢复。杨智勇等^[25]发现, 术中输入胶体可减少晶体正平衡量, 也就是说, 术中输入胶体可减少晶体输血量, 与本研究结

表 4 2 组患儿术后临床资料比较[$M(Q_1, Q_3), n$]

临床资料	低晶体组	高晶体组	$Z\chi^2$ 值	P 值
液体平衡/mL	108.68 (58.64, 177.21)	138.45 (84.92, 213.71)	-2.030	0.042
首次排便时间/d	1 (1, 2)	1 (1, 2)	-0.435	0.664
开奶	61	56	2.486	0.149
呼吸机支持时间/d	0.48 (0.21, 0.97)	0.45 (0.21, 1.62)	-0.355	0.723
重症监护时间/d	1.66 (0.74, 2.80)	1.76 (0.80, 4.60)	-0.977	0.329
术后住院时间/d	15.00 (11.25, 20.75)	15.50 (13.00, 20.75)	-0.217	0.828
急性肾损伤	26	28	0.128	0.720
90 d 不能肠内营养	0	2	2.032 ^a	0.496
死亡	4	9	2.140 ^a	0.143
发生并发症	63	57	4.800	0.028
低蛋白血症	46	47	0.039	0.843
败血症	1	1	0.000 ^a	1.000
呕吐	4	6	0.434 ^a	0.510
切口渗漏	27	24	0.293	0.588
切口感染	28	20	2.133	0.144
腹膜炎	0	0	—	—
吻合口瘘	3	1	1.032 ^a	0.619
切口疝	0	2	2.032 ^a	0.496
切口裂开	10	11	0.057	0.811
肺炎	1	1	0.000 ^a	1.000
短肠综合征	0	1	1.008 ^a	1.000
肠狭窄	7	10	0.610	0.435
肠梗阻	7	3	1.736 ^a	0.324

注: a 为校正 χ^2 值

果一致。

现代手术恢复方案的关键之一是维持正常的血容量^[26]。若机体出现低血压,会导致全身血液重新分布,为了保证心、脑、肾等重要脏器的血流灌注,必然会减少胃肠道的供血。NEC 发生的部位常见于末段回肠和近端结肠,此部位在肠系膜上下动脉的交界处,供血相对较少,当机体合并低血压时,更容易出现缺血再灌注损伤。肠道病变范围越大,肠道缺血坏死情况越重,越容易发生休克。当出现低血压和大范围肠道病变时,需要大量输液来有效维持血容量,从而保持血流动力学稳定。早前有报道指出,NEC 患儿发生低血压或休克时需要增加输血量,且低血压和休克可影响预后^[20]。本研究显示,术中低血压发生人数为 89 例(51.7%),发生低血压患儿输血量增加的风险提高 2.621 倍,且低血压患儿术后发生并发症的风险提高 7.138 倍。患儿发生全肠受累时输血量增加的风险提高 3.643 倍,符合文献报道。

术中液体需要在液体复苏不足导致的低血容量与补液过多引起组织水肿之间取得平衡。液体输入过少,可使肾脏及其他重要器官的灌注减少,从而导致器官功能障碍,液体输入过多会导致组织水肿和局部炎症,并损害胶原蛋白的再生,从而削弱组织的愈合,增加术后伤口感染、伤口裂开和吻合口漏的风险,也可损害胃肠功能^[8,27]。术中输液过多或者过少均可能会增加术后急性肾损伤发生率^[28-29]。本研究中急性肾损伤与输血量无关。有研究显示术中常规输液可延迟术后胃肠道功能恢复时间和住院时间^[30-31],也有人提出其可以缩短住院时间^[32],同时还有报道称 2 种输液方式导致的并发症发生率无差异^[33]。Shields CJ^[34]提出过量液体输入与死亡有关。本研究发现,随着术中输血量增加,术后总并发症发生的风险降低,但并不影响存活率。目前国内外关于术中补液量对术后预后的观点不一,但多数人的观点是建议限制性液体输入,而目前没有“限制性液体治疗”和“非限制性液体治疗”的具体定义,

换言之,一个研究中定义为“限制性液体治疗”方案,在另一研究中可能就是“常规液体治疗”方案,且既往有研究报道新生儿腹膜炎手术术中输血量达 40~100 mL/(kg·h)时也未见输液过量征象^[10]。结合本研究,考虑目前的术中输血量>25.89 mL/(kg·h)未达到“过量液体”的标准,在一定的范围内大量输液可减少术后总并发症发生率,虽然其对各具体并发症无明显影响。

本研究的晶体平衡量为正负荷,有学者发现术中液体平衡明显过量(2 000 mL)时,可能会增加患者死亡率^[35]。但上述标准仅针对成人,本研究中未发现液体平衡量与死亡的关系(液体平衡量均值 132.84 mL)。对于腹部手术患者的围术期补液策略,越来越多的研究建议使用液体目标导向疗法^[36-38],因其预后良好,术后并发症发生率低^[39-40]。但该方法需要监测术中中心静脉压、平均动脉压、尿量和混合静脉血氧饱和度等指标,并据此决定输血量^[41]。本研究术中中心功能的动态参数资料不全,故暂未采用该方法评估。

本研究的局限在于:本研究为回顾性研究,在探索术中输血量对预后转归的分析中,实际纳入 128 例患儿,样本量较小,有可能会影响分析结果。

综上所述,NEC 患儿术后死亡率受全肠道病变的影响最大,与术中输血量无关。全肠道受累及术中低血压可增加术中晶体输血量,而术中输入胶体可减少术中晶体输液,且都可影响术后转归。在一定范围内,增加术中晶体输血量可降低术后并发症发生率。

目前 NEC 患儿术中补液方案基本靠临床医师的经验进行。结合既往研究报道,新生儿腹部手术术中可能需要输入更多的液体来改善预后。本研究初步结论为术中晶体输入量越多术后并发症总发生率越低,但并不提倡 NEC 术中无限制输液,至今尚未有研究明确指出术中晶体输液量的具体范围,未来还需要更大的样本及更多研究进一步探索。

参 考 文 献

[1] Pammi M, Cope J, Tarr PI, et al. Intestinal dysbiosis in preterm infants preceding necrotizing enterocolitis: a systematic review and meta-analysis[J]. *Microbiome*, 2017, 5(1): 31.

[2] Hall NJ, Eaton S, Pierro A. Royal australasia of surgeons guest lecture. Necrotizing enterocolitis: prevention, treatment, and outcome[J]. *J Pediatr Surg*, 2013, 48(12): 2359–2367.

[3] Blakely ML, Lally KP, McDonald S, et al. Postoperative outcomes of extremely low birth-weight infants with necrotizing enterocolitis or isolated intestinal perforation: a prospective cohort study by the NICHD Neonatal Research Network[J]. *Ann Surg*, 2005, 241(6): 984–994.

[4] Geng Q, Wang Y, Li L, et al. Early postoperative outcomes of surgery for intestinal perforation in NEC based on intestinal location of disease[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97(39): e12234.

[5] Visram AR. Intraoperative fluid therapy in neonates[J]. *South Afr J Anaesth Analg*, 2016, 22(2): 46–51.

[6] Arkiliç CF, Taguchi A, Sharma N, et al. Supplemental perioperative fluid administration increases tissue oxygen pressure[J]. *Surgery*, 2003, 133(1): 49–55.

[7] Davies SJ, Wilson RJ. Preoperative optimization of the high-risk surgical patient[J]. *Br J Anaesth*, 2004, 93(1): 121–128.

[8] Voldby AW, Brandstrup B. Fluid therapy in the perioperative setting: a clinical review[J]. *J Intensive Care*, 2016, 4: 27.

[9] Edjo Nkilly G, Michelet D, Hilly J, et al. Postoperative decrease in plasma sodium concentration after infusion of hypotonic intravenous solutions in neonatal surgery[J]. *Br J Anaesth*, 2014, 112(3): 540–545.

[10] 丁梅, 王刚. 小儿围手术期液体和输血管理指南(2014)[J]. *实用器官移植电子杂志*, 2015, 3(6): 328–332.

[11] 宋蕴安, 侯慧艳, 顾洪斌. 小儿术中液体的选择与个体化治疗[J]. *国际麻醉学与复苏杂志*, 2019, 40(3): 238–241.

[12] 张秉钧, 金熊元. 小儿术中输液[J]. *国外医学. 麻醉学与复苏分册*, 1984, 5(2): 53–57.

[13] Regenbogen SE, Shah NJ, Collins SD, et al. Population-based assessment of intraoperative fluid administration practices across three surgical specialties[J]. *Ann Surg*, 2017, 265(5): 930–940.

[14] Lakhoo K, Morgan RD, Thakkar H, et al. Exploratory laparotomy in the management of confirmed necrotizing enterocolitis[J]. *Ann Pediatr Surg*, 2015, 11(2): 123–126.

[15] de Souza JC, da Motta UI, Ketzer CR. Prognostic factors of mortality in newborns with necrotizing enterocolitis submitted to exploratory laparotomy[J]. *J Pediatr Surg*, 2001, 36(3): 482–486.

[16] Gfroerer S, Fiegel H, Schloesser RL, et al. Primary laparotomy is effective and safe in the treatment of necrotizing enterocolitis[J]. *World J Surg*, 2014, 38(10): 2730–2734.

[17] Hull MA, Fisher JC, Gutierrez IM, et al. Mortality and management of surgical necrotizing enterocolitis in very low birth weight neonates: a prospective cohort study[J]. *J Am Coll Surg*, 2014, 218(6): 1148–1155.

[18] Sheng Q, Lv Z, Xu W, et al. Short-term surgical outcomes of preterm infants with necrotizing enterocolitis: a single-center experience[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2016, 95(30): e4379.

- [19] Thyoka M, de Coppi P, Eaton S, et al. Advanced necrotizing enterocolitis part 1: mortality[J]. *Eur J Pediatr Surg*, 2012, 22(1): 8–12.
- [20] 刘明坤, 张 炳, 黄文华, 等. 新生儿坏死性小肠结肠炎外科手术处理及手术预后的危险因素分析[J]. *福建医科大学学报*, 2018, 52(5): 336–339.
- [21] 曾德峰, 谭忠友. 新生儿坏死性小肠结肠炎的高危因素及外科治疗预后影响因素的研究[J]. *重庆医科大学学报*, 2017, 42(3): 361–364.
- [22] Bowker RM, Yan X, Managlia E, et al. Dimethylallylglycine preserves the intestinal microvasculature and protects against intestinal injury in a neonatal mouse NEC model: role of VEGF signaling[J]. *Pediatr Res*, 2018, 83(2): 545–553.
- [23] 张忠涛, 孙益红. 外科液体治疗进展[J]. *中国实用外科杂志*, 2010, 30(6): 452–456.
- [24] 吴 华, 程 娟, 吴国翠, 等. 人血白蛋白对腹部外科手术患者预后影响的系统评价[J]. *中华疾病控制杂志*, 2015, 19(11): 1162–1166.
- [25] 杨智勇, 王春友, 姜洪池, 等. 早期目标指导的容量治疗防治重症急性胰腺炎腹腔高压和多脏器功能不全的作用[J]. *中华外科杂志*, 2009, 47(19): 1450–1454.
- [26] Adamina M, Kehlet H, Tomlinson GA, et al. Enhanced recovery pathways optimize health outcomes and resource utilization: a meta-analysis of randomized controlled trials in colorectal surgery[J]. *Surgery*, 2011, 149(6): 830–840.
- [27] Holte K, Klarskov B, Christensen DS, et al. Liberal versus restrictive fluid administration to improve recovery after laparoscopic cholecystectomy: a randomized, double-blind study[J]. *Ann Surg*, 2004, 240(5): 892–899.
- [28] Miller TE, Pearse RM. Perioperative fluid management: moving toward more answers than questions—a commentary on the RELIEF study[J]. *Perioper Med(Lond)*, 2019, 8: 2.
- [29] Kambhampati G, Ross EA, Alsabbagh MM, et al. Perioperative fluid balance and acute kidney injury[J]. *Clin Exp Nephrol*, 2012, 16(5): 730–738.
- [30] Lobo DN, Bostock KA, Neal KR, et al. Effect of salt and water balance on recovery of gastrointestinal function after elective colonic resection: a randomised controlled trial[J]. *Lancet*, 2002, 359(9320): 1812–1818.
- [31] Nisanevich V, Felsenstein I, Almog G, et al. Effect of intraoperative fluid management on outcome after intraabdominal surgery[J]. *Anesthesiology*, 2005, 103(1): 25–32.
- [32] Abraham-Nordling M, Hjern F, Pollack J, et al. Randomized clinical trial of fluid restriction in colorectal surgery[J]. *Br J Surg*, 2012, 99(2): 186–191.
- [33] Cohn SM, Pearl RG, Acosta SM, et al. A prospective randomized pilot study of near-infrared spectroscopy-directed restricted fluid therapy versus standard fluid therapy in patients undergoing elective colorectal surgery[J]. *Am Surg*, 2010, 76(12): 1384–1392.
- [34] Shields CJ. Towards a new standard of perioperative fluid management[J]. *Ther Clin Risk Manag*, 2008, 4(2): 569–571.
- [35] Silva JM, de Oliveira AMR, Nogueira FAM, et al. The effect of excess fluid balance on the mortality rate of surgical patients: a multicenter prospective study[J]. *Crit Care*, 2013, 17(6): R288.
- [36] Gustafsson UO, Scott MJ, Schwenk W, et al. Guidelines for perioperative care in elective colonic surgery: enhanced recovery after surgery (ERAS®) Society recommendations[J]. *Clin Nutr*, 2012, 31(6): 783–800.
- [37] Carmichael JC, Keller DS, Baldini G, et al. Clinical practice guideline for enhanced recovery after colon and rectal surgery from the American Society of Colon and Rectal Surgeons (ASCRS) and Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons (SAGES)[J]. *Surg Endosc*, 2017, 31(9): 3412–3436.
- [38] Thiele RH, Raghunathan K, Brudney CS, et al. American Society for Enhanced Recovery (ASER) and Perioperative Quality Initiative (POQI) joint consensus statement on perioperative fluid management within an enhanced recovery pathway for colorectal surgery[J]. *Perioper Med(Lond)*, 2016, 5: 24.
- [39] Kendrick JB, Kaye AD, Tong Y, et al. Goal-directed fluid therapy in the perioperative setting[J]. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*, 2019, 35(S1): 29–34.
- [40] Dass B, Shimada M, Kambhampati G, et al. Fluid balance as an early indicator of acute kidney injury in CV surgery[J]. *Clin Nephrol*, 2012, 77(6): 438–444.
- [41] Rollins KE, Mathias NC, Lobo DN. Meta-analysis of goal-directed fluid therapy using transoesophageal Doppler monitoring in patients undergoing elective colorectal surgery[J]. *BJS Open*, 2019, 3(5): 606–616.

(责任编辑: 冉明会)