

## 醋酸钠林格液用于发绀型先天性心脏病患儿围手术期容量治疗的效果评价

王璐 张瑞冬

上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心麻醉科 200127

通信作者:张瑞冬, Email: doctorruidong@163.com

**【摘要】** 目的 评价发绀型先天性心脏病(先心病)患儿围手术期应用醋酸钠林格液进行容量治疗的有效性。方法 选择2018年9月至12月在上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心进行择期手术的发绀型先心病患儿,经其法定代理人知情同意后按随机数字表法分为3组。所有患儿麻醉诱导后均静脉输注醋酸钠林格液进行容量治疗,根据“4-2-1”公式计算输液量(A组,体重第1个10 kg补液量为 $4 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ,第2个10 kg补液量为 $2 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ,第3个10 kg及以上补液量为 $1 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ),以及在此基础上分别增加50%(B组)或100%(C组),输注时间均为30 min。分别于输液前及输液30 min进行动脉血气分析,观察酸碱状况和电解质水平;记录输液前及输液10、20、30 min的脉搏血氧饱和度( $\text{SpO}_2$ )、心率(HR)、收缩压(SBP)、舒张压(DBP)和输液30 min的中心静脉压(CVP);记录输液后发生的不良反应。结果 26例患儿均纳入分析,其中男性17例,女性9例;月龄1~36个月;体重3.6~16.0 kg;美国麻醉医师协会(ASA)分级Ⅲ~Ⅳ级。输液30 min, B组患儿pH值较输液前明显升高( $7.35 \pm 0.05$ 比 $7.32 \pm 0.06$ ,  $P < 0.05$ ),其余两组输液前后pH值无明显改变;3组患儿血细胞比容(Hct)较输液前明显下降(A组: $0.433 \pm 0.141$ 比 $0.473 \pm 0.146$ , B组: $0.324 \pm 0.054$ 比 $0.372 \pm 0.063$ , C组: $0.363 \pm 0.097$ 比 $0.418 \pm 0.111$ ,均 $P < 0.01$ ),说明3组患儿血液均得到了有效稀释;但3组间输液前后动脉血气分析指标比较差异均无统计学意义。所有先心病患儿输注醋酸钠林格液后,血乳酸(Lac)水平由( $1.33 \pm 0.63$ ) mmol/L下降至( $0.98 \pm 0.36$ ) mmol/L,血 $\text{Ca}^{2+}$ 浓度由( $1.22 \pm 0.06$ ) mmol/L下降至( $1.19 \pm 0.06$ ) mmol/L,血 $\text{Cl}^-$ 浓度由( $108.74 \pm 2.70$ ) mmol/L上升至( $109.77 \pm 2.54$ ) mmol/L,差异均有统计学意义(均 $P < 0.01$ );但3组间输液前后Lac及电解质水平比较差异均无统计学意义。输液后3组患儿间生命体征比较差异均无统计学意义;组内比较显示,输液时间对 $\text{SpO}_2$  ( $F=5.998$ ,  $P < 0.01$ )、HR ( $F=34.279$ ,  $P < 0.01$ )和SBP ( $F=4.345$ ,  $P < 0.05$ )均有影响,其中A组和C组患儿输液后HR均较输液前明显下降,A组患儿SBP随输液时间延长逐渐下降。输液30 min B组CVP明显高于A组。所有先心病患儿输注醋酸钠林格液后均未发生皮疹、过敏性休克等不良反应。结论 醋酸钠林格液用于发绀型先心病患儿围手术期容量治疗可有效预防Lac水平升高,不会加重代谢性酸中毒,且所设输液量未干扰血流动力学指标。

**【关键词】** 醋酸钠林格液; 发绀; 先天性心脏病; 儿童

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.03.021

### Effect of sodium acetate Ringer injection on perioperative fluid therapy in children with cyanotic congenital heart disease

Wang Lu, Zhang Ruidong

Department of Anesthesiology, Shanghai Children's Medical Center, Shanghai Jiaotong University School of Medicine, Shanghai 200127, China

Corresponding author: Zhang Ruidong, Email: doctorruidong@163.com

**【Abstract】 Objective** To evaluate the efficacy of volume therapy with sodium acetate Ringer solution during the perioperative period in children with cyanotic congenital heart disease (CHD). **Methods** The children who underwent elective surgery for cyanotic CHD admitted to Shanghai Children's Medical Center Affiliated to the Medical School of Shanghai Jiaotong University from September to December 2018 were divided into three groups according to random number table with the informed consent of their legal representatives. All of the children received volume therapy with infusion of sodium acetate Ringer solution intravenously upon anesthesia induction. The volume of infusion was calculated according to the "4-2-1" formula (group A, the rehydration volume was  $4 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  for the first 10 kg body weight,  $2 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  for the second 10 kg, and  $1 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  for the third 10 kg and above), and the volume was increased by 50% or 100% in groups B and C, respectively. The intravenous infusion lasted for 30 minutes in all the three groups. Arterial blood gas analysis was performed before and 30 minutes after infusion to observe the acid-base status and electrolyte level. Pulse oxygen saturation ( $\text{SpO}_2$ ), heart rate (HR), systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP) before and 10, 20, 30 minutes after infusion, central venous pressure (CVP) at 30 minutes after infusion were recorded, as well as adverse events occurred after infusion. **Results** Twenty-six children with cyanotic CHD, 17 male and 9 female, aged from 1 to 36 months, body weight 3.6 to 16.0 kg, and America Society of Anesthesiologists (ASA) level of Ⅲ or Ⅳ, were enrolled in the study. The pH value in group B at 30 minutes after infusion was significantly

higher than that before infusion ( $7.35 \pm 0.05$  vs.  $7.32 \pm 0.06$ ,  $P < 0.05$ ), while no significant changes were found before and after infusion in the other two groups. The hematocrits (Hct) after infusion in three groups were significantly lower than those before infusion ( $0.433 \pm 0.141$  vs.  $0.473 \pm 0.146$  in group A,  $0.324 \pm 0.054$  vs.  $0.372 \pm 0.063$  in group B,  $0.363 \pm 0.097$  vs.  $0.418 \pm 0.111$  in group C, all  $P < 0.01$ ), indicating that all the children in the three groups achieved effective hemodilution. However, there was no significant difference in blood gas analysis before and after infusion among the three groups. The level of blood lactic acid (Lac) in all CHD children was decreased from ( $1.33 \pm 0.63$ ) mmol/L to ( $0.98 \pm 0.36$ ) mmol/L after infusion of sodium acetate Ringer solution, the serum  $\text{Ca}^{2+}$  concentration was decreased from ( $1.22 \pm 0.06$ ) mmol/L to ( $1.19 \pm 0.06$ ) mmol/L, and the serum  $\text{Cl}^-$  concentration was increased from ( $108.74 \pm 2.70$ ) mmol/L to ( $109.77 \pm 2.54$ ) mmol/L with the statistically significant differences (all  $P < 0.01$ ). However, no significant difference was found in Lac or electrolyte levels before and after infusion among the three groups. There was no significant difference in vital signs before and after infusion among the three groups, but the period of infusion had an effect on  $\text{SpO}_2$  ( $F = 5.998$ ,  $P < 0.01$ ), HR ( $F = 34.279$ ,  $P < 0.01$ ) and SBP ( $F = 4.345$ ,  $P < 0.05$ ). HR in groups A and C were significantly lower than those before infusion, and SBP in group A was decreased gradually with the prolongation of infusion time. The CVP value at 30 minutes after infusion in group B was higher than that in group A. No adverse reactions such as rash or anaphylactic shock occurred after infusion of sodium acetate Ringer solution in all children. **Conclusions** The perioperative volume therapy with sodium acetate Ringer solution in children with cyanotic CHD can effectively prevent the increase in Lac level and does not aggravate metabolic acidosis. The volume of infusion was well tolerated by all the children without disturbing the hemodynamic parameters.

**【Key words】** Ringer acetate; Cyanosis; Congenital heart disease; Child  
DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.03.021

发绀型先天性心脏病(先心病)患儿因肺血流减少和存在右向左分流或以右向左为主的双向分流,使缺氧成为其主要临床表现。长期慢性缺氧会刺激红细胞生成,血细胞比容(Hct)升高。手术前患儿常需禁食禁水,若时间过长则可能因脱水、代谢性酸中毒、血液浓缩、血液黏稠等诱发缺氧。因此,发绀型先心病患儿在围手术期,尤其是在体外循环前的容量治疗具有重要作用。目前,0.9%等渗盐水是临床上最常用的晶体液,常被作为容量替代的选择,但有研究表明生理盐水存在不少缺点,如造成高氯性代谢性酸中毒等,使其在围手术期的应用受限<sup>[1-2]</sup>。近年来,有学者推荐使用含醋酸平衡液进行容量复苏治疗。醋酸盐是醋酸的共轭碱,一旦进入血液很快就会被细胞摄取并被代谢成乙酰辅酶A<sup>[3]</sup>。相比乳酸代谢而言,这种过程能在体内任意可进行有氧代谢的细胞中进行,以心脏、肝脏、骨骼肌和肾脏的代谢率最高。McCague等<sup>[4]</sup>研究显示,危重患者输注醋酸钠后未见任何不良反应,且对重大创伤患者的缓冲能力更佳。本研究拟对发绀型先心病患儿围手术期输注醋酸钠林格液后的内环境和血流动力学变化进行评估,以期为临床应用提供参考。

## 1 资料和方法

**1.1 研究对象:**本研究符合医学伦理学标准,经医院伦理委员会批准(审批号:SCMCIRB-K2017035),选择2018年9月至12月在本中心进行择期手术的发绀型先心病患儿26例,经其法定代理人知情同意后按随机数字表法分成3组。入选先心病病种包括法洛四联征、肺动脉闭锁、右室双出口或三尖瓣下移畸形、完全性肺静脉异位引流和单心室。排除术前有缺氧发作抢救史和术前已应用心血管活性药物的患儿。

### 1.2 治疗方法

**1.2.1 麻醉方法:**患儿术前禁食6h、禁水4h;术前30min口服咪唑安定 $0.5 \text{ mg/kg}$ ;入手术室后连接多功能监护仪,开放外周静脉,静脉注射咪唑安定 $0.1 \text{ mg/kg}$ 、依托咪酯 $0.2 \text{ mg/kg}$ 、舒芬太尼 $2 \mu\text{g/kg}$ 、罗库溴铵 $0.6 \text{ mg/kg}$ 诱导麻醉,气管插管

后行压力控制模式机械通气,给予吸入七氟烷-空氧混合气体(1:1)和连续静脉注射舒芬太尼 $2.5 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 、罗库溴铵 $0.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 维持麻醉。

**1.2.2 输液方案:**所有患儿均静脉注射醋酸钠林格液(生产批号:B18091303,湖北多瑞药业有限公司)。根据“4-2-1”公式计算患儿生理需要量,该公式规定体重第1个10kg补液量为 $4 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ,第2个10kg补液量为 $2 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ,第3个10kg及以上补液量为 $1 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 。在开始补液后第1个小时补1/2缺失量加生理需要量。发绀型先心病患儿术前常需积极扩容,本研究设计3种输液方案:A组根据“4-2-1”公式计算输液量;B组在A组基础上总量增加50%;C组在A组基础上总量增加100%。输注时间均为30min。

**1.3 观察指标及方法:**分别于输液前和输液30min进行动脉血气分析,记录患儿的酸碱状况和电解质水平;记录输液前及输液10、20、30min患儿的脉搏血氧饱和度( $\text{SpO}_2$ )、心率(HR)、收缩压(SBP)和舒张压(DBP),同时记录输液30min的中心静脉压(CVP);记录输注醋酸钠林格液后发生的不良反应。

**1.4 统计学分析:**采用SPSS 16.0软件分析数据。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,两两比较采用配对 $t$ 检验,组内比较采用重复测量的方差分析;非正态分布计量资料以中位数(四分位数间距)[ $M(Q_R)$ ]表示,组间比较采用多组独立样本比较的秩和检验,组内比较采用配对设计的符号秩和检验。计数资料以率表示,采用 $\chi^2$ 检验。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 一般资料(表1):**26例患儿均纳入分析,其中男性17例,女性9例;月龄1~36个月;体重3.6~16.0kg;美国麻醉医师协会(ASA)分级Ⅲ~Ⅳ级。3组患儿性别、月龄、体重等一般资料比较差异无统计学意义(均 $P > 0.05$ ),说明3组患儿基线资料均衡,具有可比性。

**表1 不同方案容量治疗3组发绀型先天性心脏病患儿一般资料比较**

组别	例数 (例)	性别(例)		月龄 [月, $M(Q_R)$ ]	体重 (kg, $\bar{x} \pm s$ )
		男性	女性		
A组	10	7	3	14.5(8.0)	10.7±3.4
B组	8	7	1	7.0(3.5)	8.3±2.9
C组	8	3	5	11.0(9.3)	7.4±2.4

注:A组根据“4-2-1”公式计算输液量,B组、C组分别在A组基础上总量增加50%、100%

**2.2 输液前后血气分析指标变化(表2):** 输注醋酸钠林格液30 min, B组患儿pH值较输液前明显升高( $P < 0.05$ ), 而其余两组输液前后血pH值均无明显改变; 3组患儿Hct均较输液前明显下降(均 $P < 0.01$ ), 说明患儿血液均得到了有效稀释。3组间输液前后各项指标比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$ )。

**2.3 输液前后血乳酸(Lac)水平变化:** 所有先心病患儿输注醋酸钠林格液后, Lac水平由(1.33±0.63)mmol/L下降至(0.98±0.36)mmol/L, 差异具有统计学意义( $P < 0.01$ )。3组间治疗前后Lac水平比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$ )。

**2.4 输液前后电解质水平变化(表3):** 所有先心病患儿输注醋酸钠林格液后, 血Ca<sup>2+</sup>浓度由(1.22±0.06)mmol/L下降至(1.19±0.06)mmol/L, 血Cl<sup>-</sup>浓度由(108.74±2.70)mmol/L上升至(109.77±2.54)mmol/L, 差异有统计学意义(均 $P < 0.01$ )。组内配对比较后发现, B组患儿输液后血Ca<sup>2+</sup>浓度较输液

前明显降低( $P < 0.05$ ); B组和C组患儿输液后血Cl<sup>-</sup>浓度较输液前明显升高(均 $P < 0.01$ )。3组间输液前后血Ca<sup>2+</sup>和Cl<sup>-</sup>浓度比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$ )。

**表3 不同方案容量治疗3组发绀型先天性心脏病患儿输液前后电解质变化比较( $\bar{x} \pm s$ )**

组别 (例)	例数	血Ca <sup>2+</sup> (mmol/L)		血Cl <sup>-</sup> (mmol/L)	
		输液前	输液后	输液前	输液后
A组	10	1.20±0.07	1.17±0.07	108.99±2.53	109.68±1.93
B组	8	1.23±0.06	1.19±0.07 <sup>a</sup>	109.40±3.02	110.64±3.29 <sup>b</sup>
C组	8	1.26±0.05	1.22±0.06	107.73±2.72	109.01±2.58 <sup>b</sup>

注:A组根据“4-2-1”公式计算输液量,B组、C组分别在A组基础上总量增加50%、100%; 与本组输液前比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$ , <sup>b</sup> $P < 0.01$

**2.5 输液前后生命体征变化(表4):** 组间比较显示, 仅C组患儿输液前SpO<sub>2</sub>明显低于B组( $P < 0.05$ ), 其余各组间各项生命体征指标变化差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$ )。组内比较显示, 输液时间对SpO<sub>2</sub>有影响( $F = 5.998$ ,  $P < 0.01$ ), 且与疾病治疗分组有交互效应( $F = 0.021$ ,  $P < 0.05$ )。此外, 输液时间对患儿HR和SBP均有影响( $F_1 = 34.279$ ,  $F_2 = 4.345$ , 均 $P < 0.05$ )。A组和C组患儿输液后HR均较输液前明显下降(均 $P < 0.05$ )。输液30 min, B组患儿CVP高于A组[mmHg(1 mmHg=0.133 kPa): 11.4±1.3比9.7±1.7,  $P < 0.05$ ], 但与C组[(10.9±1.1)mmHg]比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。

**2.6 不良反应:** 所有先心病患儿输注醋酸钠林格液后均未发生皮疹、过敏性休克等不良反应。

**表2 不同方案容量治疗3组发绀型先天性心脏病患儿输液前及输液30 min动脉血气分析变化比较**

组别	例数 (例)	pH值( $\bar{x} \pm s$ )		PaCO <sub>2</sub> (mmHg, $\bar{x} \pm s$ )		PaO <sub>2</sub> [mmHg, $M(Q_R)$ ]	
		输液前	输液后	输液前	输液后	输液前	输液后
A组	10	7.34±0.08	7.35±0.08	39.02±7.99	38.38±9.35	78.75(374.10)	59.30(294.12)
B组	8	7.32±0.06	7.35±0.05 <sup>a</sup>	41.13±7.28	36.43±4.27	96.65(136.73)	110.40(114.87)
C组	8	7.31±0.03	7.35±0.08	44.03±8.31	42.42±13.43	71.00(97.32)	59.80(52.57)

  

组别	例数 (例)	SaO <sub>2</sub> ( $\bar{x} \pm s$ )		Hct( $\bar{x} \pm s$ )		BE(mmol/L, $\bar{x} \pm s$ )	
		输液前	输液后	输液前	输液后	输液前	输液后
A组	10	0.876±0.147	0.864±0.137	0.473±0.146	0.433±0.141 <sup>b</sup>	-5.00±2.26	-4.82±1.74
B组	8	0.952±0.050	0.957±0.049	0.372±0.063	0.324±0.054 <sup>b</sup>	-5.11±1.65	-5.38±1.09
C组	8	0.889±0.168	0.870±0.157	0.418±0.111	0.363±0.097 <sup>b</sup>	-4.49±3.70	-3.81±2.16

注:A组根据“4-2-1”公式计算输液量,B组、C组分别在A组基础上总量增加50%、100%; PaCO<sub>2</sub>为动脉血二氧化碳分压, PaO<sub>2</sub>为动脉血氧分压, SaO<sub>2</sub>为动脉血氧饱和度, Hct为血细胞比容, BE为剩余碱; 1 mmHg=0.133 kPa; 与本组输液前比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$ , <sup>b</sup> $P < 0.01$

**表4 不同方案容量治疗3组发绀型先天性心脏病患儿输液前后各时间点生命体征变化比较( $\bar{x} \pm s$ )**

组别	例数 (例)	HR(次/min)				SpO <sub>2</sub>			
		输液前	输液10 min	输液20 min	输液30 min	输液前	输液10 min	输液20 min	输液30 min
A组	10	119.9±20.6	96.7±19.7 <sup>a</sup>	92.8±20.5 <sup>a</sup>	90.4±16.9 <sup>a</sup>	0.90±0.07	0.90±0.09	0.91±0.09	0.89±0.10
B组	8	125.4±19.1	109.4±17.6	109.8±23.1	105.0±21.0	0.93±0.05	0.95±0.07	0.94±0.06	0.94±0.07
C组	8	130.6±24.0	112.1±17.2	106.0±18.8 <sup>a</sup>	102.3±17.0 <sup>a</sup>	0.82±0.14 <sup>d</sup>	0.89±0.11 <sup>a</sup>	0.88±0.11	0.88±0.13

  

组别	例数 (例)	SBP(mmHg)				DBP(mmHg)			
		输液前	输液10 min	输液20 min	输液30 min	输液前	输液10 min	输液20 min	输液30 min
A组	10	89.8±10.9	89.3±19.1	83.5±19.0	79.6±20.7 <sup>bc</sup>	54.2±8.4	55.9±14.9	50.0±12.7 <sup>b</sup>	48.0±13.3 <sup>bc</sup>
B组	8	88.8±12.6	83.4±10.5	86.8±9.2	79.0±12.5	49.4±10.0	47.5±5.2	49.1±8.3	46.9±5.9
C组	8	100.1±18.1	90.1±11.9	88.5±10.2	87.1±12.5	55.4±13.4	48.1±11.3	47.3±8.2	46.1±5.7

注:A组根据“4-2-1”公式计算输液量,B组、C组分别在A组基础上总量增加50%、100%; HR为心率, SpO<sub>2</sub>为脉搏血氧饱和度, SBP为收缩压, DBP为舒张压; 1 mmHg=0.133 kPa; 与本组输液前比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$ ; 与本组输液10 min比较, <sup>b</sup> $P < 0.05$ ; 与本组输液20 min比较, <sup>c</sup> $P < 0.05$ ; 与B组比较, <sup>d</sup> $P < 0.05$

### 3 讨论

发绀型先心病患儿 Lac 水平升高,提示其体内氧含量降低使三磷酸腺苷(ATP)生成更多依赖于无氧代谢<sup>[5]</sup>。无氧代谢时,丙酮酸通过乳酸脱氢酶分解为乳酸,这一过程中生成两个 ATP 分子,并且使乳酸成为细胞能量的来源。低氧状态下,丙酮酸不会进入线粒体进行氧化磷酸化。低氧能够抑制丙酮酸脱氢酶复合体参与丙酮酸在有氧条件下分解为乙酰辅酶 A 和进入三羧酸循环;还可抑制丙酮酸羧化酶将丙酮酸转化为草酰乙酸并进入糖异生的早期过程。丙酮酸快速堆积后,丙酮酸代谢几乎全部朝向生成乳酸。随后细胞内 Lac 浓度快速升高,并分泌至血液。当内源性乳酸分解或输注含有乳酸成分的液体而增加血浆中乳酸阴离子浓度后,有可能导致高乳酸血症。而 Lac 水平可反映患者危重状态,预测危重患者预后<sup>[6]</sup>。醋酸盐进入细胞后能被转化成乙酰辅酶 A,后者在有氧条件下进入三羧酸循环,最终生成二氧化碳和水,或被用于回补途径,如糖异生等。正常情况下,由醋酸盐生成碳酸氢盐大约需要 15 min,而由乳酸转化则需 1 h。醋酸盐转变为碳酸氢盐 90% 需在有氧条件下进行,而无氧或低氧状态下醋酸盐如何代谢尚不知晓。本研究显示,所有发绀型先心病患儿输液后体内 Lac 水平均显著下降,说明输注醋酸钠林格液后未增加发绀型先心病患儿体内乳酸负担,提示醋酸盐在低氧状态下代谢途径可能与乳酸不同。

理想的静脉输液应该能较好地补偿离子水平波动和缓冲生理性酸碱状态<sup>[7]</sup>。0.9% 等张盐水分别含有 154 mmol/L  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$ ,而细胞外液中  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  浓度分别为 140 mmol/L、109 mmol/L,大量输注可能导致高氯性代谢性酸中毒。醋酸钠林格液含  $\text{Na}^+$  130 mmol/L,  $\text{Ca}^{2+}$  1.36 mmol/L,  $\text{Cl}^-$  112 mmol/L。本研究显示,发绀型先心病患儿输注醋酸钠林格液后血  $\text{Ca}^{2+}$  浓度下降,估计与血液稀释有关,但这并未对患儿产生不良影响;血  $\text{Cl}^-$  浓度有所升高,与 Hahn 等<sup>[8]</sup>和 Kim 等<sup>[9]</sup>的研究结果一致。推测醋酸盐缓冲晶体液可能是通过斯图尔特(Stewarts)方式影响酸碱状态,即输液后机体内强离子差增大会导致 pH 值上升。有学者报道,休克、腹部大手术和脱水患者输注醋酸缓冲晶体液后较乳酸缓冲晶体液可显著提升 pH 值<sup>[10]</sup>,而 Hadimioglu 等<sup>[11]</sup>报道输注两种液体后 pH 值之间并无明显差异。本研究显示,输液后 B 组患儿 pH 值明显升高,而其他两组 pH 值无明显改变,输注不同容量醋酸钠林格液后 pH 值变化并不一致,但也均未继续下降,说明发绀型先心病患儿输注醋酸钠林格液后不会加重代谢性酸中毒状态。

有研究者推荐,发绀型先心病患儿在麻醉诱导后即需静脉输注晶体液 15~30 mL/kg,这对于术前已长时间禁食的患儿来说尤为重要,因为这是预防和治疗动力性右室流出道梗阻最有效的一线治疗方案<sup>[12]</sup>。遗憾的是,该意见并未对输液速度作出规定。本研究中根据儿科常用的“4-2-1”公式制定各组患儿的输注量,并规定在 30 min 内完成。输液后各组间患儿的生命体征无明显差异,说明所有患儿均能承受试验设计的输注量,且未因输注量不同对患儿的血流动力学

造成干扰。组内比较后发现,输液时间对  $\text{SpO}_2$ 、HR 和 SBP 均有影响,但 3 组患儿补液后  $\text{SpO}_2$  未进一步降低,A 组和 C 组患儿输液后 HR 均较输液前明显下降,这主要是因为随着血容量逐渐恢复,反射性心动过速受到抑制,心肌收缩力加强,同时减轻了右室流出道动力性梗阻,右向左分流减少。A 组患儿输液 30 min 时 SBP 和 DBP 较前一时间点明显下降,而另两组患儿并未发生,推测血压下降可能与术中操作有关。当然还可通过心脏超声等检测右室流出道直径和心室内分流水平等以评估血流动力学改变,进一步优化发绀型先心病患儿围手术期容量治疗方案。

综上所述,输注醋酸钠林格液后能有效预防发绀型先心病患儿 Lac 水平上升,不加重代谢性酸中毒,且本试验设计的输注量均未影响其血流动力学,可为危重患儿围手术期容量治疗提供一种静脉输液选择。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

### 参考文献

- [1] Noritomi DT, Pereira AJ, Bugano DD, et al. Impact of plasma-lyte pH 7.4 on acid-base status and hemodynamics in a model of controlled hemorrhagic shock [J]. Clinics (Sao Paulo), 2011, 66 (11): 1969-1974. DOI: 10.1590/S1807-59322011001100019.
- [2] Story DA, Lees L, Weinberg L, et al. Cognitive changes after saline or plasmalyte infusion in healthy volunteers: a multiple blinded, randomized, cross-over trial [J]. Anesthesiology, 2013, 119 (3): 569-575. DOI: 10.1097/ALN.0b013e31829416ba.
- [3] Neavyn MJ, Boyer EW, Bird SB, et al. Sodium acetate as a replacement for sodium bicarbonate in medical toxicology: a review [J]. J Med Toxicol, 2013, 9 (3): 250-254. DOI: 10.1007/s13181-013-0304-0.
- [4] McCague A, Dermendjieva M, Hutchinson R, et al. Sodium acetate infusion in critically ill trauma patients for hyperchloremic acidosis [J]. Scand J Trauma Resusc Emerg Med, 2011, 19: 24. DOI: 10.1186/1757-7241-19-24.
- [5] Zaqout M, Vandekerckhove K, Michels N, et al. Physical fitness and metabolic syndrome in children with repaired congenital heart disease compared with healthy children [J]. J Pediatr, 2017, 191: 125-132. DOI: 10.1016/j.jpeds.2017.08.058.
- [6] Mikkelsen ME, Miltiades AN, Gaieski DF, et al. Serum lactate is associated with mortality in severe sepsis independent of organ failure and shock [J]. Crit Care Med, 2009, 37 (5): 1670-1677. DOI: 10.1097/CCM.0b013e31819fc6f8.
- [7] Rajan S, Srikumar S, Tosh P, et al. Effect of lactate versus acetate-based intravenous fluids on acid-base balance in patients undergoing free flap reconstructive surgeries [J]. J Anaesthesiol Clin Pharmacol, 2017, 33 (4): 514-519. DOI: 10.4103/joacp.JOACP\_18\_17.
- [8] Hahn RG, Isacson MN, Fagerström T, et al. Isotonic saline in elderly men: an open-labelled controlled infusion study of electrolyte balance, urine flow and kidney function [J]. Anaesthesia, 2016, 71 (2): 155-162. DOI: 10.1111/anae.13301.
- [9] Kim SY, Huh KH, Lee JR, et al. Comparison of the effects of normal saline versus plasmalyte on acid-base balance during living donor kidney transplantation using the Stewart and base excess methods [J]. Transplant Proc, 2013, 45 (6): 2191-2196. DOI: 10.1016/j.transproceed.2013.02.124.
- [10] Odor PM, Bampoe S, Dushianthan A, et al. Perioperative administration of buffered versus non-buffered crystalloid intravenous fluid to improve outcomes following adult surgical procedures: a cochrane systematic review [J]. Perioper Med (Lond), 2018, 7: 27. DOI: 10.1186/s13741-018-0108-5.
- [11] Hadimioglu N, Saadawy I, Saglam T, et al. The effect of different crystalloid solutions on acid-base balance and early kidney function after kidney transplantation [J]. Anesth Analg, 2008, 107 (1): 264-269. DOI: 10.1213/ane.0b013e3181732d64.
- [12] Nasr VG, DiNardo JA. The pediatric cardiac anesthesia handbook (小儿心脏麻醉手册) [M]. 郑吉建, 张马忠, 白洁, 译. 上海: 世界图书出版公司, 2018: 126-129.

(收稿日期: 2019-02-12)