

DOI: 10.12235/E20210648

文章编号: 1007-1989 (2022) 10-0024-06

论著

## 闭环肌松注射系统T1模式在小儿腹腔镜阑尾切除术中的应用

刘静静<sup>1</sup>, 吴小乐<sup>1</sup>, 刘苏<sup>2</sup>

(1. 徐州医科大学附属徐州市儿童医学院 麻醉科, 江苏 徐州 221006;  
2. 徐州医科大学 江苏省麻醉学重点实验室, 江苏 徐州 221004)

**摘要:** **目的** 探究闭环肌松注射系统T1模式在小儿腹腔镜阑尾切除术中应用的临床效果及安全性。  
**方法** 选取2016年1月—2017年1月徐州医科大学附属徐州市儿童医院行腹腔镜阑尾切除术的患儿70例。按照随机数表法将患儿分为实验组和对照组, 实验组采用闭环肌松注射系统T1模式给予顺式阿曲库铵, 对照组采用肌松恒速注射系统给予顺式阿曲库铵, 比较两组患儿手术相关指标、血流动力学指标和肌松监测指标。**结果** 两组患儿麻醉时间、手术时间和手术过程中体动次数比较, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 两组患儿麻醉诱导前20 min、插管时、插管后3 min、拔管时和拔管后30 min的平均动脉压 (MAP)、心率 (HR) 和经皮动脉血氧饱和度 (SpO<sub>2</sub>) 比较, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 实验组恢复指数、4个成串刺激比值 (TOFr) 75和TOFr90明显短于对照组, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 实验组第1次睁眼时间、持续抬头5 s时间、拔管时间明显短于对照组, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 实验组顺式阿曲库铵使用总量明显少于对照组 ( $P < 0.05$ )。两组患儿均未出现明显的不良反应。**结论** 在小儿腹腔镜阑尾切除术中应用闭环肌松注射系统T1模式安全且有效, 能明显减少肌松残余, 值得临床推广应用。

**关键词:** 闭环肌松注射系统T1模式; 顺式阿曲库铵; 学龄前儿童; 肌松残余

**中图分类号:** R614

## Application of T1 closed-loop muscle relaxation injection mode in laparoscopic appendectomy in children

Jing-jing Liu<sup>1</sup>, Xiao-le Wu<sup>1</sup>, Su Liu<sup>2</sup>

(1. Department of Anesthesiology, Xuzhou Children's Hospital, Xuzhou Medical University, Xuzhou, Jiangsu 221006, China; 2. Jiangsu Key Laboratory of Anesthesiology, Xuzhou Medical University, Xuzhou, Jiangsu 221004, China)

**Abstract: Objective** To explore the clinical effect and safety of T1 closed-loop muscle relaxation injection mode in pediatric laparoscopic surgery. **Methods** 70 children underwent laparoscopic appendectomy from January 2016 to January 2017 were selected. The children were randomly divided into experimental group and control group, in the experimental group, cis-atracurium was administered by T1 closed-loop muscle relaxation injection system, in the control group, cis-atracurium was administered by constant-speed injection system. The surgical related indexes, hemodynamic parameters, and muscle relaxation monitoring indicators were compared between the two groups. **Results** There were no difference in anesthesia time, operation time and number of body movements between the two groups ( $P > 0.05$ ). There were no difference in mean arterial pressure (MAP), heart rate (HR) and percutaneous

收稿日期: 2021-10-29

arterial oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>) at 20 min before anesthesia induction, intubation, 3 min after intubation, extubation, and 30 min after extubation ( $P > 0.05$ ). The recovery index, train-of-four ratio (TOFr)75 and TOFr90 of the experimental group were significantly shorter than those of the control group ( $P < 0.05$ ). The first blinking time, continuous heading time of 5 s, and extubation time in the experimental group were significantly shorter than those of the control group ( $P < 0.05$ ). The total amount of cis-atracurium in the experimental group was significantly less than that in the control group ( $P < 0.05$ ). No significant adverse reactions occurred in two groups. **Conclusion** The application of T1 closed-loop muscle relaxation injection mode in pediatric laparoscopic surgery is safe and effective, and can significantly reduce the residual muscle relaxation, which is worthy of clinical application.

**Keywords:** T1 closed loop muscle relaxation injection mode; cis-atracurium; preschool children; residual muscle relaxation

肌松残余是麻醉后常见的并发症之一, 是损伤呼吸系统的独立危险因素, 严重威胁患者围手术期的生命安全。顺式阿曲库铵是一种新型变异喹啉类肌松药物, 具有药效稳定和血浆清除率快等特点。有研究<sup>[1-2]</sup>显示, 在学龄前儿童中应用顺式阿曲库铵, 虽然血浆清除速度较快, 但仍有肌松药物残余。闭环肌松注射系统是一种通过肌松数据监测进行自动反馈闭环给药的装置<sup>[3]</sup>, 该装置在成人麻醉中已有较多应用, 但在学龄前儿童麻醉中应用的报道较少。本研究比较分析闭环肌松注射系统 T1 模式与传统肌松恒速注射系统的效果, 旨在探寻减少学龄前儿童肌松残余的肌松给药方式。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取 2016 年 1 月—2017 年 1 月于徐州医科大学附属徐州市儿童医院行腹腔镜阑尾切除术的患儿 70 例。按照随机数表法将患儿分为两组。实验组 ( $n = 35$ ) 中, 男 20 例, 女 15 例, 年龄 3~7 岁, 平均 ( $4.9 \pm$

1.1) 岁, 体重指数 (body mass index, BMI) 为 ( $21.1 \pm 3.9$ ) kg/m<sup>2</sup>, 美国麻醉医师协会 (American Society of Anesthesiologists, ASA) 分级为 I 级或 II 级。对照组 ( $n = 35$ ) 中, 男 19 例, 女 16 例, 年龄 3~8 岁, 平均 ( $5.1 \pm 0.9$ ) 岁, BMI 为 ( $21.9 \pm 5.1$ ) kg/m<sup>2</sup>, ASA 分级为 I 级或 II 级。两组患儿性别、年龄、BMI 和 ASA 分级等一般资料比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 具有可比性。见表 1。

排除呼吸系统、循环系统、神经肌肉接头、外周神经病变、脑出血和肝肾功能障碍等疾病者。本研究经过本院伦理委员会审核通过 (No: 2016A0212), 患儿及家属均同意本研究并签署知情同意书。

### 1.2 麻醉方法

两组患儿术前均禁食固体食物 8 h, 禁饮 4 h。进入手术室后开放外周静脉, 监测心电图、无创血压、经皮动脉血氧饱和度 (percutaneous arterial oxygen saturation, SpO<sub>2</sub>) 和麻醉深度, 并记录基础值。麻醉诱导插管: 依次静脉推注阿托品 0.01 mg/kg、依托咪酯 0.20 mg/kg 和芬太尼 2 μg/kg, 实验组采用闭环

表 1 两组患儿一般资料比较

Table 1 Comparison of general data between the two groups

组别	性别/例		年龄/岁	BMI/(kg/m <sup>2</sup> )	ASA 分级/例	
	男	女			I 级	II 级
实验组 ( $n = 35$ )	20	15	4.9±1.1	21.1±3.9	19	16
对照组 ( $n = 35$ )	19	16	5.1±0.9	21.9±5.1	21	14
$t/\chi^2$ 值	0.06		0.81 <sup>†</sup>	0.91 <sup>†</sup>	0.23	
$P$ 值	0.807		0.370	0.339	0.632	

注: †为  $t$  值

肌松注射系统 T1 模式给予诱导量顺式阿曲库铵 0.15 mg/kg, 维持速度 1.8  $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{min})$ , T1% > 15% 时, 增药速度 5.0  $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{min})$ , 至 T1% < 15% 时, 恢复至维持速度; 对照组采用肌松恒速注射, 推注诱导量顺式阿曲库铵 0.15 mg/kg, 维持速度 3.0  $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{min})$  (说明书推荐剂量), 术中根据肌松程度追加 0.05 mg/kg。当 T1 达到最大阻滞时行气管插管 (带套囊加强型), 连接麻醉机行机械通气, 给予吸入气氧浓度为 40% ~ 60% 的空氧混合气体, 设定脑电双频指数 (bispectral index, BIS) 在 50 ~ 60, 通过 BIS 值调整丙泊酚速度, 维持瑞芬太尼 20  $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 。术中维持血流动力学波动在  $\pm 20\%$ , 手术关闭气腹时停药。术中维持患儿手部温度在 32 ~ 34  $^{\circ}\text{C}$ , 期间均不采用吸入麻醉, 术后不给予肌松拮抗。

### 1.3 肌松监测

将患儿的一侧上肢外展并固定, 用酒精擦拭皮肤, 将电极片贴于腕部尺神经两侧, 两个电极片之间的距离为 2 至 3 cm, 传感器置于拇指与食指之间。校准定标: 刺激电流 45 ~ 75 mA, 间隔时间 5 s, 频率 2 Hz, 周期 20 s。肌松监测仪可全程记录 T1%、4 个成串刺激 (train-of-four, TOF)、药物追加次数和药物用量等。

### 1.4 观察指标

**1.4.1 手术相关情况** 麻醉时间、手术时间、术中体动次数、停药至拔管时间、第 1 次睁眼时间、持续抬头 5 s 时间和顺式阿曲库铵总用量。

**1.4.2 血流动力学指标** 麻醉诱导前 20 min、插管时、插管后 3 min、拔管时和拔管后 30 min 的心率 (heart rate, HR)、平均动脉压 (mean arterial pressure, MAP) 和  $\text{SpO}_2$ 。

**1.4.3 恢复时间** 测定 4 个成串刺激比值 (train-of-four ratio, TOFr) (25% ~ 90%) 时间: 恢复指数 (T1% 从 25% 达到 75% 的时间)、TOFr75 (TOFr 从 25% 恢复到 75% 的时间) 和 TOFr90 (TOFr 从 25% 恢复到 90% 时间)。

**1.4.4 肌松程度** 肌力测定: 抬头、握力、睁眼和

伸舌等。呼吸运动测定: 潮气量、肺活量和 TOF。

**1.4.5 不良反应** 支气管痉挛、皮肤潮红、心动过缓和苏醒延迟等。

### 1.5 统计学方法

使用统计学软件 SPSS 23.0 对实验数据进行统计分析, 计量资料以均数  $\pm$  标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 采用 Shapiro Wilk 检验对计量资料进行正态性检验, Levene 检验评估方差齐性, 两组间比较行  $t$  检验, 组内比较行配对样本  $t$  检验; 计数资料以例或百分率 (%) 表示, 组间比较行  $\chi^2$  检验。  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组患儿手术相关情况比较

两组患儿麻醉时间、手术时间和手术过程中体动次数比较, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 2。

### 2.2 两组患儿手术前后血流动力学指标比较

两组患儿麻醉诱导前 20 min、插管时、插管后 3 min、拔管时和拔管后 30 min 的 MAP、HR 和  $\text{SpO}_2$  比较, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 3。

### 2.3 两组患儿肌松监测比较

**2.3.1 两组患儿临床体征比较** 实验组第 1 次睁眼时间、持续抬头 5 s 时间和拔管时间明显短于对照组, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。见表 4。

**2.3.2 两组患儿 TOF 恢复时间比较** 实验组恢复指数、TOFr75 和 TOFr90 明显短于对照组, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。见表 5。

### 2.4 两组患儿麻醉药物使用总量比较

实验组顺式阿曲库铵使用总量为 ( $5.8 \pm 0.5$ ) mg, 明显少于对照组的 ( $7.1 \pm 0.3$ ) mg, 差异有统计学意义 ( $t = 5.54, P = 0.019$ )。

### 2.5 两组患儿不良反应比较

对照组出现 1 例心动过缓, 实验组出现 1 例皮肤潮红, 2 例不良反应均较轻微, 两组患儿均未发生支气管痉挛和苏醒延迟等不良反应。

表 2 两组患儿手术相关情况比较 ( $\bar{x} \pm s$ )Table 2 Comparison of surgical related conditions between the two groups ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	麻醉时间/min	手术时间/min	体动次数/次
实验组 ( $n = 35$ )	6.3±1.3	86.1±10.2	1.7±0.2
对照组 ( $n = 35$ )	6.1±1.6	85.5±9.1	1.6±0.3
<i>t</i> 值	0.86	1.46	0.54
<i>P</i> 值	0.353	0.227	0.461

表 3 两组患儿手术前后血流动力学指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )Table 3 Comparison of hemodynamic indexes before and after surgery between the two groups ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	麻醉诱导前 20 min	插管时	插管后 3 min	拔管时	拔管后 30 min
MAP/mmHg					
实验组 ( $n = 35$ )	76.7±10.7	68.3±9.8	73.1±9.2	80.3±12.6	76.5±9.0
对照组 ( $n = 35$ )	76.1±9.7	69.2±10.5	72.3±8.5	79.7±11.7	75.7±8.3
<i>t</i> 值	0.95	0.84	0.80	0.93	1.02
<i>P</i> 值	0.330	0.359	0.370	0.334	0.323
HR/(次/min)					
实验组 ( $n = 35$ )	95.9±6.6	96.6±5.2	94.1±7.2	97.2±7.9	99.5±6.3
对照组 ( $n = 35$ )	96.3±4.1	96.1±4.9	93.5±6.7	96.6±8.1	98.9±7.5
<i>t</i> 值	1.05	0.92	1.10	1.15	1.05
<i>P</i> 值	0.305	0.337	0.294	0.285	0.326
SpO <sub>2</sub> /%					
实验组 ( $n = 35$ )	97.7±1.5	96.2±1.8	96.1±1.5	97.1±1.9	97.5±1.1
对照组 ( $n = 35$ )	97.5±2.2	96.7±1.9	96.6±2.5	97.2±1.8	97.3±1.6
<i>t</i> 值	0.90	0.94	0.91	0.94	0.89
<i>P</i> 值	0.319	0.332	0.339	0.330	0.306

表 4 两组患儿临床体征比较 ( $\min, \bar{x} \pm s$ )Table 4 Comparison of clinical signs between the two groups ( $\min, \bar{x} \pm s$ )

组别	第 1 次睁眼时间	持续抬头 5 s 时间	拔管时间
实验组 ( $n = 35$ )	22.1±1.8	25.3±1.1	27.3±2.1
对照组 ( $n = 35$ )	25.6±1.5	28.2±1.3	31.2±2.5
<i>t</i> 值	5.44	6.12	6.13
<i>P</i> 值	0.032	0.027	0.022

表 5 两组患儿 TOF 恢复时间比较 ( $\min, \bar{x} \pm s$ )Table 5 Comparison of TOF recovery time between the two groups ( $\min, \bar{x} \pm s$ )

组别	恢复指数	TOFr75	TOFr90
实验组 ( $n = 35$ )	14.1±3.5	26.1±2.7	32.6±3.9
对照组 ( $n = 35$ )	17.6±2.2	29.8±5.5	36.3±4.2
<i>t</i> 值	12.01	11.54	13.00
<i>P</i> 值	0.001	0.001	0.000

### 3 讨论

在临床上,肌松药物的使用有效降低了麻醉药物的用量,避免了深度麻醉的危害,但肌松残余可导致患者呼吸中枢抑制、上呼吸道梗阻和吞咽困难等,威胁患者的生命健康<sup>[4]</sup>。目前,国际上减少肌松残余的主要策略是:根据手术需要及患者因素进行个性化用药。顺式阿曲库铵因其药效稳定、血浆清除快和无组胺释放等特点,在学龄前儿童的麻醉中广泛应用,但越来越多的研究<sup>[5]</sup>表明,不同给药方式对肌松残余的作用不同,传统的给药方式仍可造成肌松残余。因此,选择更符合学龄前儿童特点的肌松给药方式十分必要。

全身麻醉中肌松的给药方式主要有:间断静脉注射法和肌松恒速注射法。间断静脉注射法是根据患者体重单次静脉注射较大剂量的肌松药物,再根据患者气道压力大小、是否有自主呼吸和是否发生体动等临床反应,追加合适的剂量。这种给药方式使得血药浓度波动较大,导致肌松作用不稳定,且肌松残余发生率较高。肌松恒速注射法是持续静脉注射肌松药物,能有效补充药物衰减,维持血药浓度的相对稳定,但是肌松恒速注射法缺乏肌松监测,不能根据反馈快速地调整注射速度,容易导致肌松药物使用过量<sup>[6]</sup>。闭环肌松注射法是根据肌松监测的数据进行自动反馈闭环给药的方式。目前,闭环肌松注射系统的肌松程度监测及反馈调节主要有两种模式:TOF模式和T1模式。TOF模式是根据TOF引起肌肉肌颤的衰减程度来评价肌松程度,并调节给药速度;T1模式采用45~75 mA电流强度测定来设定参照(T0),再根据T1/T0值评价肌松程度,并调节给药速度<sup>[7-8]</sup>。这种给药方式已在成人麻醉中应用,但在学龄前儿童麻醉中报道极少。

本研究选取70例行腹腔镜阑尾切除术的学龄前儿童,随机分成实验组和对照组,分别采用闭环肌松注射系统T1模式和肌松恒速注射系统给予顺式阿曲库铵。笔者首先比较了两组患儿的手术一般情况,结果显示:两组患儿麻醉时间、手术时间和手术过程中体动次数比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。表明:采用闭环肌松注射系统T1模式不会影响手术进程。血流动力学指标显示:两组患儿麻醉诱导前20 min、插管时、插管后3 min、拔管时和拔管后30 min

的MAP、HR和SpO<sub>2</sub>比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。表明:闭环肌松注射系统T1模式能维持患儿生命体征的稳定。

顺式阿曲库铵在体内的代谢方式主要是霍夫曼代谢,但随着药物剂量的增加和给药时间的延长,肌松残余仍有可能发生<sup>[9]</sup>。本研究首先根据患者临床体征,判断肌松残余,主要包括:第1次睁眼时间和持续抬头5 s时间等。其中,持续抬头5 s时间能较好地判定肌松消退情况,患者若能持续抬头5 s,反映了其呼吸功能已基本恢复,能够维持正常通气量及吸氧量,该指标还能判断患者气道保护功能是否恢复正常,可防止肌松消退过程中气道阻塞或者误吸发生。结果显示:实验组第1次睁眼时间、持续抬头5 s时间和拔管时间明显短于对照组,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );实验组顺式阿曲库铵使用总量也明显少于对照组( $P<0.05$ )。提示:闭环肌松注射系统T1模式能减少肌松残余的发生。有研究<sup>[10]</sup>认为,TOFr<90%可以作为肌松消退的标志。因此,笔者比较了两组患儿的TOF恢复时间,结果显示:实验组的恢复指数、TOFr75和TOFr90明显较对照组短,差异均有统计学意义( $P<0.05$ ),进一步证实了闭环肌松注射系统T1模式能减少肌松残余的发生。对照组出现1例心动过缓,实验组出现1例皮肤潮红,2例不良反应均较为轻微,且两组患儿均未发生支气管痉挛和苏醒延迟等不良反应。表明:闭环肌松注射系统T1模式具有较好的安全性。

综上所述,与肌松恒速注射系统比较,闭环肌松注射系统T1模式能根据肌松程度反馈调整给药速度,应用在学龄前儿童麻醉中,患儿生命体征稳定,肌松残余明显减少,不良反应发生率较低,值得临床推广应用。

#### 参 考 文 献:

- [1] HUNTER J M. Reversal of residual neuromuscular block: complications associated with perioperative management of muscle relaxation[J]. Br J Anaesth, 2017, 119(suppl\_1): i53-i62.
- [2] SAKAI D M, MARTIN-FLORES M, ROMANO M, et al. Recovery from rocuronium-induced neuromuscular block was longer in the larynx than in the pelvic limb of anesthetized dogs[J]. Vet Anaesth Analg, 2017, 44(2): 246-253.
- [3] 吴燕,孟尽海,刘斐,等.顺式阿曲库铵两种不同给药方式对肌松残余作用的影响[J].临床麻醉学杂志,2014,30(2):122-124.

- [3] WU Y, MENG J H, LIU F, et al. Comparison of the residual neuromuscular blockade caused by the different administration way of cisatracurium[J]. *Journal of Clinical Anesthesiology*, 2014, 30(2): 122-124. Chinese
- [4] ALDAY E, MUÑOZ M, PLANAS A, et al. Effects of neuromuscular block reversal with sugammadex versus neostigmine on postoperative respiratory outcomes after major abdominal surgery: a randomized-controlled trial[J]. *Can J Anaesth*, 2019, 66(11): 1328-1337.
- [5] BRINCH J H W, SÖDERSTRÖM C M, GÄTKE M R, et al. Reversal of mivacurium-induced neuromuscular blockade with a cholinesterase inhibitor: a systematic review[J]. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2019, 63(5): 564-575.
- [6] DONG Y J, LI X. Comparative study on the pharmacodynamics of cisatracurium: continuous infusion or intermittent bolus injection[J]. *Contemp Clin Trials*, 2012, 33(3): 482-485.
- [7] 孙璐, 邵忠新, 王天元. 腹部手术病人靶控输注与静脉输注维库溴铵维持肌松效果[J]. *中华麻醉学杂志*, 2010, 30(1): 110-111.
- [7] SUN L, SHAO Z X, WANG T Y. Target-controlled infusion and intravenous infusion of vecuronium bromide to maintain muscle relaxation in patients with abdominal surgery[J]. *Chinese Journal of Anesthesiology*, 2010, 30(1): 110-111. Chinese
- [8] 李红, 刘叶, 吴军娜, 等. 年龄因素对丙泊酚闭环靶控输注用于妇科腹腔镜手术患者镇静效果的影[J]. *中华麻醉学杂志*, 2018, 38(5): 565-567.
- [8] LI H, LIU Y, WU J N, et al. Effect of age factor on sedative efficacy of propofol given by closed-loop infusion in patients undergoing gynecological laparoscopic surgery[J]. *Chinese Journal of Anesthesiology*, 2018, 38(5): 565-567. Chinese
- [9] JEONG H J, LEE S H, KIM H J, et al. Effects on intubating conditions of pretreatment with remifentanyl before administration of cisatracurium[J]. *Chonnam Med J*, 2012, 48(2): 96-102.
- [10] MURPHY G S, BRULL S J. Residual neuromuscular block: lessons unlearned. Part I: definitions, incidence, and adverse physiologic effects of residual neuromuscular block[J]. *Anesth Analg*, 2010, 111(1): 120-128.

(吴静 编辑)

**本文引用格式:**

刘静静, 吴小乐, 刘苏. 闭环肌松注射系统 T1 模式在小儿腹腔镜阑尾切除术中的应用[J]. *中国内镜杂志*, 2022, 28(10): 24-29.

LIU J J, WU X L, LIU S. Application of T1 closed-loop muscle relaxation injection mode in laparoscopic appendectomy in children[J]. *China Journal of Endoscopy*, 2022, 28(10): 24-29. Chinese